雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 153
2015 APRIL

全國能源會議結論無助於減碳與供電缺口

未來的電哪裡來？



核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.153 雙月刊

APRIL 中華民國一〇四年四月號

熱門話題

特別報導

專題報導

核災應變問與答

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編　者　的　話

2月28日，中國前央視主持人柴靜公開了歷時一年多的深度調查，拍攝而成的一部長達105分鐘的紀錄片──《穹頂之下》；主題深入探討長時間困擾中國的頑疾──霧霾污染。紀錄片一在網路上推出，幾天內即獲得大約2億次點擊率的熱烈迴響，引起不少民眾好評，當然同時也帶來一些爭議。該片除了對近一年來大陸的霧霾狀況進行數據化的對比分析外，還訪問環保、石化等多個行業的專家，展示中國各地霾污染的嚴重狀況。

台灣同樣也處在一片鋪天蓋地、讓人無處可逃的霧霾污染下。台灣海峽離大陸最短距離不到150公里，攔不住每年東北季風帶來的中國霧霾。每當台灣空氣品質下降，新聞或政府的訊息總是避重就輕的表示，是中國霧霾南下所致；然而，根據統計，境外污染（含中國霧霾）僅占我國的空氣污染30%，有50%來自工業排放，剩下20%則來自交通排放廢氣和其他空污來源。其實，空污更大的問題在於境內污染，是我們無法推諉的事實。

2013年6月美國國家海洋暨大氣總署表示，大氣中二氧化碳的濃度，在人類史上首度超過400ppm，這些增量主要來自化石燃料。世界衛生組織也指出，全球每年有300萬人死於化石燃料電廠所造成的空氣污染。「台灣的核電及現狀」一文直指，日本在311後全面停核，不但替代燃料成本激增、貿易順差轉逆、電價上漲，甚至2012年二氧化碳的排放量比2010年增加了8,500萬噸。以上數據在在都顯示了，就目前人類科技能力所及，少了核電就得接受更多經濟與環境的威脅與考驗。

目前台灣仍高度仰賴高耗能產業，如石化、鋼鐵、水泥及面板晶元等。國民平均二氧化碳排放量為世界平均值的3倍；人均用電量（含工業）達每年1萬度，比先進國家如德國、英國、法國、日本都還要高。如此電力高度需求的我們，非常需要無碳排放，以及不會產生空污的能源；我國能源政策亟欲滿足所有人民的需求，但在有限的資源條件及環境限制下，卻又是難以兩全且困難重重，導致在歷經數月多階段的全國能源會議後，仍是無法得解──未來的電哪裡來？

全國能源會議後記

未來的電哪裡來？

文・陳立誠

今（2015）年1月26、27日本人全程參與了全國能源會議，此篇為戰地報導，與大家分享，也為歷史留下一個紀錄。

在會前本人就不認為這種大拜拜式的能源會議對社會上無共識的能源議題會有什麼具體結論。在去年核四封存，馬總統宣示要召開全國能源會議時我就寫過一篇〈 能源會議可以休矣〉。

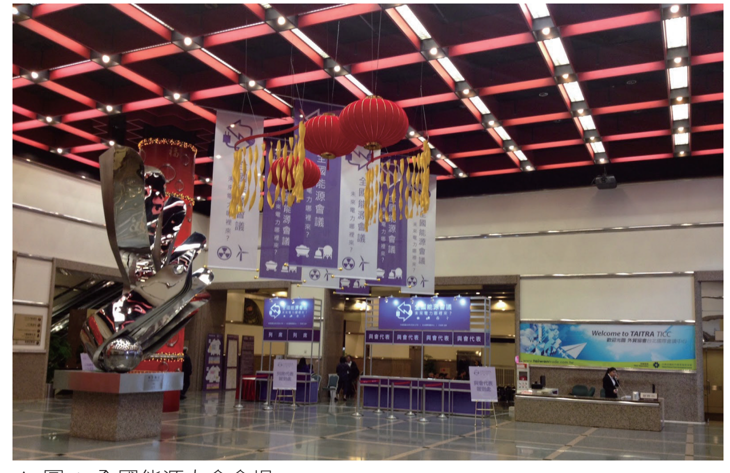
能源會議討論的問題很廣，但無可諱言的「核能」是焦點議題。

本次能源會議與以往能源會議不同，在召開大會前幾個月有一個背景資訊徵詢的階段。在該階段歡迎全國各界針對「需求有效節流、供給穩定開源、環境低碳永續」三大議題提出國內外具公信力的資訊。資訊提交後，能源局並邀請專家學者組成審核小組，邀約提供資訊者一一過濾其所提供的資訊，審核小組認可後列為全國能源大會資訊，作為大會討論的基礎。本人在此一階段曾針對三大議題各提供數則背景資訊，並曾應審查小組邀約解釋資訊來源。

能源局在本次會議前花了許多力氣進行背景資訊收集，主要目的就是希望在開大會時大會代表可依經嚴謹程序收集的背景資訊為基礎，討論我國能源大計。

經不起檢驗的言論

能源會議開幕首日上午由經濟部、環保署就其負責的3項核心議題分別提出引言



▲ 圖 1. 全國能源大會會場

報告。反核人士在第2場能源局吳玉珍副局長針對核心議題2「供給穩定開源」作引言報告中，論及核能發電、電力配比、備用容量等資訊時，意圖打斷吳副局長的引言報告，現場喧嘩長達10分鐘之久。吳副局長不愧巾幗英雄，沉著應對，完成對第2項核心議題的引言報告，結束時全場響起如

雷掌聲，歷久不息。

列席代表王姓教授一再發言指控大會資料有誤，一再強調日本備用容量定義與台灣相同，指責台電蓄意欺騙。本人現場立即反駁指出日本311前核能有50座以上機組，占其全國裝置容量30％。福島核災後核電機組全面停機，全國照樣正常供電，表示尚有10%備用容量可供火力機組輪流停機大修，故其備用容量以台電定義高達40%以上。台電目前備用容量低於15%，如果有30%機組停機，全國必將陷於大停電，兩國備用容量定義怎麼會一樣？如此明顯事實不容狡辯。徐姓教授立即發言說是日本節電所以沒有造成限電，但試想日本是全球能源使用效率最高的國家，徐教授真以為日本能源極端浪費，隨便就可以省電40%？



再生能源與賴市長提案

再生能源是能源會議的重頭戲，雖然再生能源只占台灣能源占比的一個零頭，能源會議可是花很大功夫討論再生能源。

在「供給穩定開源」議題的討論中，討論了7種再生能源：1.太陽光電，2.風力，3.地熱，4.生質能源，5.水力，6.海洋能，7.氫燃料電池，最後並總結討論整體再生能源。能源會議代表中，有不少來自再生能源產業，代表太陽光電產業的代表尤其多，在會中競相發言，形成強大利益集團。

許多人可能聽過政府的「百萬屋頂」及「千架風機」兩大推廣再生能源的政策，該政策目標是訂在2030年達成。政府後來決定加碼，目標在2030年加倍百萬屋頂的太陽能裝置容量，將再生能源裝置容量（含水力）提升為13.75百萬瓩（GW）。1百萬瓩約為一核能機組的裝機容量，今日全台電力系統裝置容量不過41百萬瓩，可見政府推廣再生能源充滿了「雄心壯志」。本人對政府的雄心壯志是否能達成充滿了疑問。先不提天文數字（數千億元）的投資，再生能源在台灣能有多少發展「空間」就值得探討。

再生能源能量密度很低，換句話說，發展再生能源需要廣大的土地面積。但在地狹人稠的台灣，土地是極為珍貴的資源，是否值得大力推廣，政府政策目標是否能達成，其實有很大的政策辯論空間。與會再生能源代表們一再以中國、美國推廣再生能源為例，表示台灣應不落人後。但中、美都是土地廣大國家，中國再生能

源是以水力為主，美國陸上風力發電成本也只有台灣海上風機成本的1/3，以台灣之小，與中、美兩國相較實在引喻失義。

在討論再生能源推廣方案時，台南市長賴清德正好抵達會場，賴市長最關心的是能源局的13.75百萬瓩達成後，再生能源發電占比多少，並提案要大會通過將原目標年2030提前5年在2025年達成。

在全國能源會議前兩天有所謂「民間能源會議」，會議結論自然是主張「非核家園」，以再生能源取代核能。該會議結論也採納了民進黨在2025年再生能源發電占總發電量20%的政策目標。為何定為2025？因為該年3座核電廠均將除役。為何定為20%？因為核能發電占比20%。賴市長在會中要求大會通過將2030目標提前5年於2025年達成，是為了呼應民進黨以再生能源取代核能的政策目標。

但可能令賴市長十分失望的是，能源局幕僚答覆賴市長就算13.75百萬瓩裝置目標達成，雖然裝置容量可達全國電力裝置容量的25%，但發電量只占12%（含水力），與民進黨的20%目標還差得很遠。依本人估計再生能源要提供20%電力，資本支出接近2兆元。最後會場代表並沒有通過賴市長提前5年的提議。

徐姓教授對能源局人員指出再生能源裝置容量占25%但發電量只占12%大惑不解。徐教授以為裝置容量和發電量占比應該相同，難道不知道夜間沒太陽，有時風不吹嗎？不知道風力發電全年只有1/3時間可發電，太陽能更只有1/6時間可發電？整體再生能源發電時間高於風力及太陽能發電時間實拜水力發電時間較高之故。大力推廣再生能源取代核能發電之餘，應該對能源基本知識有基本的瞭解。

對台電的誤解

本次能源會議中，對台電抱有成見的代表不少，但許多對台電的誤解其實是發言者本身的能源知識不足。本人在會議中也盡量澄清，以免錯誤言論以訛傳訛。在第2天上午的討論中，某代表有一連串發言，對台電無甚好評，其論點主要在於批評台電電廠「發電效率」差，其發言可歸納為以下3項：

1.台電機組效率只有30%，與國外50%相差太多。

此一論點本人在〈請教陳發林教授（3/6）：超超臨界機組取代核四？〉及〈請教陳發林教授（6/6）：汰換舊電廠，每年省千億？〉有詳細解說。在會場中本人只能簡短澄清，解釋台電燃煤次臨界機組效率也多在40%左右，所謂台電機組效率只有30%的說法完全不符事實。台電目前施工中的燃煤機組均為世界效率最高的超超臨界機組，效率約43%（HHV, Gross）。效率要在同樣條件下相互比較才有意義。本人以「廠內用電」及「海水溫度」可影響效率計算為例指出，在與台電機組同樣條件下，國外並無50%效率的燃煤機組。

2.國外有效率60%的機組，較台電超超臨界機組效率43%為佳。

這一類論點也很常見，主要是將燃煤機組與燃氣機組混為一談。本人在會中澄清台電燃氣機組效率與國際最先進機組相當，都在60%以上，其效率超過燃煤超超臨界機組的43%甚多。但效率高並不表示發電成本便宜，火力機組發電成本主要取決於燃料價格。台電燃氣機組效率遠高於燃煤機組，但以2013年發電成本為例，燃氣發電每度成本為3.8元，燃煤電廠每度

電發電成本為1.4元，可見機組效率並不是決定發電成本最主要的因素，燃料成本才是。

3.台電機組效率低於民營電廠。

本人說明台塑燃煤機組為超臨界機組，其機組效率自然高於台電目前運轉中的燃煤次臨界機組，但台電目前興建中的超超臨界機組的效率則高於台塑機組。台電與民營電廠機組效率差別完全要看其機組興建先後，後興建的機組其效率當然高於老舊機組。台電朱總經理表示，燃氣機組運轉壽命為25年，燃煤機組為40年，待其除役後自然會以最新型的機組取代。

能源會議代表來自各行各業，真正對能源有深入了解的占極少數，無怪乎在會議中常會聽到許多奇怪言論，不足為奇。但期望這群代表真能為國家能源政策達成什麼正確共識，也未免緣木求魚，寄望太高。

非核家園，北部供電缺口50%

一般討論廢核後電力吃緊多由全國電力供需角度討論。但台灣電力系統分為北、中、南3區，廢核後北部供電缺口極為嚴重，但較少人討論。

電力不足一般是檢討尖峰用電供需（功率，瓩）是否平衡，但電力不足亦可由全年電力供需（能量，瓩-小時，度）角度討論。本人在能源會議分組討論中發言，由全年電力供應角度申述廢核後北部地區供電嚴重不足的情況。聯合報記者在會後專訪本人討論此一問題，並刊於2月6日之聯合報，轉載如下：

廢核後，台灣北部供電形勢將極為嚴峻。目前台灣供電基本上可分為北、中、南3區，3部既有核電廠提供全國約1/5的電力，但核一、二廠都位於新北市，占北部供電比率更高達30%。

核四機組裝置容量很大，為核一、核二廠的8成以上。所以核四若運轉，可供台灣北部1/5電力。換句話說，依台電原先規畫，若核四完工，核一、核二延役，台灣北部（指新竹以北）供電一半將來自核電廠。

然而，目前政府政策是核四封存，現有核電廠屆齡除役，在核一、二廠4部機依序於2018、2019、2021、2023年除役後，北部供電將出現50%的缺口。

更令人擔憂的是，若新北市執意不允許現有核廢料在廠區內作乾式貯存，則核一、核二廠將提前於2017年被迫停止運轉。

近期本人參與全國能源會議，會中有與會者建議，增加北部燃氣機組每日運轉時數，但事實上，能增加的供電度數，遠不足補上廢核後的供電缺口。

有與會者說，目前台電在林口電廠增建3部機組，但這3部機組是為汰舊換新取代除役的林口及協和電廠的4部機組。另外對於北部增建火力機組的建議，面對的問題是，火力機組從規畫到完工長達10年，緩不濟急。

那麼是否能嘗試南電北送？問題出在輸電線容量有限，無法由南部向北部輸送如此巨大的供電缺口，且全面依賴南電北送也十分危險，萬一遇到颱風地震損及輸電鐵塔，北部地區必將發生「全面大斷電」。

再生能源的問題是，風力和太陽能都是「靠天吃飯」，無風的夜間，再生能源裝置再多，對供電也毫無幫助。現有核電廠延役，核四立即啟封運轉，是唯一能保

障台灣北部地區穩定供電的解決方案。

減碳與能源政策

本次能源會議的議事規劃頗為特殊，針對「需求有效節流、供給穩定開源、環境永續減碳」3項核心議題，主管部會均預先準備了一系列的總結意見，若某一意見無人反對則列為「共同意見」，提供相關部會執行並列管。若該意見無共識則列為「其他意見」，提供相關部門參考。

每位代表在第1天下午分組討論中及次日全體大會中均可提案修正總結意見，也可提出新增意見。若全體代表對修正或新增意見有共識，則列為「共同意見」，無共識則列為「其他意見」。本人在會議中也提出不少修正意見及新增意見。最重要的是針對「環境低碳永續」提出新增意見。

核心議題中「需求」及「供給」兩項的主辦部會是經濟部，「減碳」則由環保署負責。減碳議題其實與能源使用密不可分，純粹討論減碳而不針對能源政策提出建言，意義不大。要務實討論減碳，一定要正面面對能源議題，無法迴避。這也正是為何本次能源會議中將「減碳」也納入核心議題。

環保署對「環境低碳永續」的總結報告中列了9項子議題：1.減碳願景，2.自主貢獻（INDC），3.減碳行動（NAMA），4.減碳法規，5.市場工具，6.低碳家園，7.氣候教育，8.國際合作，9.環境評估。

仔細研讀可發現總結報告完全未建議應如何推動「有效減碳」的能源政策。環保署只提出減碳目標（如將碳排由BAU降低30%），但完全未討論應如何調整能源政策以達到該減碳目標。經濟部在其負責的「需求」及「供應」兩大區塊不必然將「減碳」納入能源配比的考量，若環保署在其負責的「減碳」核心議題也不提出具體建議，則本次能源會議無法有效連結「能源」與「氣候」兩大議題。

當然環保署不願觸碰有效減碳能源政策的心態不難理解，眾所周知核能是減碳最重要的手段，但在目前社會氛圍下，環保署何敢倡議以核能作為減碳手段？

本人在能源會議首日分組討論中，即以書面意見建議加列第10項「落實有效減碳政策」，提出5項建言：

10. 落實有效減碳政策
    - 10.1體認核能發電為經濟且功效最為卓越之減碳措施
    - 10.2積極參與極具誘因之國際碳交易市場
    - 10.3考量採納火力發電廠CCR政策
    - 10.4以氣代煤之減碳成本極為昂貴，應檢討「燃氣最大化」政策
    - 10.5推動減碳政策，應將減碳成本納為最主要考量

本人認為加列第10項建言後，第3項核心議題「環境永續減碳」的總結報告才算完整，當然與會代表對本人所提的意見無法達成共識，最後列為「其他意見」，但至少列為會議正式文件可供有關部會參考。

由於篇幅限制，本文經過刪節，欲觀看全文請上陳立誠個人部落格「台灣能源」：http://taiwanenergy.blogspot.tw/2015_01_01_archive.html

（本文作者為吉興工程顧問公司董事長）

全國能源會議參與心得

文 • 張文杰

我國第4次的全國能源會議從去（2014）年9月11日開始公開徵求背景資訊，到今年1月27日開完全體大會，中間將近5個月的時間，可說是去年下半年能源界最大的一場盛事。我個人有投稿一些背景資訊，分區會議方面幾乎都有出席參加，沒能出席的部分也有上網觀看直播，最後的全體大會雖沒有出席，但有上網觀看全程直播。

公開參與與資訊透明 值得肯定

這次全國能源會議的作法和之前相比是明顯有所不同，在各界、各地的公開參與和資訊透明方面可說是非常高。特別是背景資訊的部分，這次全國能源會議有將近3個月時間花在公開徵求資訊背景資料，以及各方專家學者審議是否符合資料來源的格式要求。

特別一提的是，各方專家學者不是單憑自己的知識去審議，而是審議是否符合資料來源的格式要求，審議的重點在於科學性和邏輯性是否合理。更重要的是必須要全體審查委員都不同意列為背景資訊才會剔除，還得敘明刪除的理由，其他全部納入資訊參考資料。所以只要是來自國內外大學研究報告與碩士、博士論文、國內



▲ 圖 1. 北區因應策略意見徵詢會議

外政府部門統計、調查或研究分析資料，以及相關期刊的內容，不論立場為何都會被納入背景資訊。最後有收到1,109則資訊，經過各方專家學者審議後，總共參採了1,012則背景資訊。

豐富可觀的背景資訊 值得繼續推廣

在看完這些背景資訊後覺得，優點是十分多元且廣泛，有很多不同領域所提供的資訊；缺點是有些資料和會議主題無明顯連結性、晦澀難懂。但整體來說，這一千多則背景資訊幾乎涵蓋了所有層面，個人建議政府要善加利用這些資訊，不要開完會之後就這樣結束了，應該要繼續推廣這些資訊。

由於這些背景資訊不能有主觀意識存在，所有不是來自資料來源之中的句子和文字，都必須要有完整的推論才行。舉例來說，清華大學工程與系統科學系李敏教授提供的背景資訊中，有提到「去年夏天的用電尖峰值創下了歷年來的新高」的文字，但是提供的資料來源中並沒有這一句話，因此審查委員要求另外補充資料來源。而葉宗洸教授提供的背景資訊中有提到「考量水力發電工程常受環保因素影響、且我國主要河川水力均已開發，整體發展已近飽和」，也被部分委員質疑過於主觀，要求要解釋清楚，最後仍有部分委員不同意，但有過半專家同意參採而列入背景資訊。

由以上兩個案例可知，審查的委員是來自各方的專家學者，整體上來說並沒有偏頗的立場，也不會因為提供資訊者的身分而放水。



▲ 圖 2. 第 4 次全國能源會議開創性的採用網路全程直播方式

意見徵詢會議失去實質效益

徵求背景資訊結束後，接著是8場各分區及3場團體意見徵詢會議，除了團體會議是有報名身分的限制，其他分區會議是任何人皆可報名參加，也沒有該地區只有當地人才可以報名的限制。此意見徵詢會議主要是希望參與者看過背景資訊後，再針對這些背景資訊提出因應策略，這些因應策略將成為最後全體大會的意見。

不過有許多參與者並不了解意見徵詢會議的用意，一味提出自己的意見或看法，雖然有被大會記錄下來，但是對因應策略並無幫助。因為時間有限，有些沒有機會發言的人，可以用書面或網路發表意見。這11場會議下來，所有的發言、書面及網路意見總共有3,283則意見，其中發言部分只占了700多則，所以善加利用書面和網路來發表意見其實才是重點，我個人就利用網路提供了幾十則意見。

另外，因為意見徵詢會議並無限制參加身分，所以見識到了許多團體或個人的言論和意見。特別的是，一般民眾對於能源方面無所知也就算了，會議上有不少和

能源科系相關的教授學者言論也很偏頗。例如，有某東部大學的能源科技中心主任說：「太平洋上有許多空間，可以把太陽能板放到太平洋上」、「去年台電說有限電危機是騙人的」；南部某個教電力系統的大學教授說：「可在該時段發出電力的能源就可稱為基載電力」；某商總代表說：「德國燒的煤是乾淨的『奈米煤』，我國燒的煤是會害死人的」。聽了這些言論後，真是擔心我國的能源教育呀。

全體大會流於形式 無法凝聚共識

前兩個階段，我個人給予主辦單位的評價是很高的，可以看出主辦單位的用心與努力，可惜在最後一個階段的全體大會有不少可以改善的地方。從一開始的全體大會代表名單就讓各方都感到不滿，全體大會代表人數有來自政黨推薦、學研代表、產業代表、社會代表與中央政府，總共有173位，不過還是有許多想參與的民眾不得其門而入。反觀政黨推薦的立法委員或是中央政府的代表大都沒有出席，其他代表也有好幾位並沒有出席，甚為可惜。而且絕大多數的代表在事前都沒有看過背景資訊和因應策略，導致在最後的全體大會上有種前兩階段的準備和努力都白白浪費掉的感覺。

而要列為最後的共同意見，需要沒有任何一位代表反對，不然就直接變成沒有強制約束效力的其他意見。這門檻實在太高且不太合理，所以不少對我國能源未來有利的意見無法成為共同意見，例如，能源稅和碳捕存技術都因彎奇妙的反對意見而被列入其他意見。最後大會總結報告計158項共同意見與201項其他意見，而關於核能的共同意見只有無關痛癢的兩項，可說是回到原點。不過在這高門檻之下，此一結果也不感到意外。



▲ 圖 3. 馬英九總統致詞時強調，不可輕易放棄任何一種能源選項。

個人建議

建議最後全體大會的代表們要先讀完全部背景資訊與因應策略，並簽下會全程參與的同意書（超過會議預定時間則可自由離開）才能參加。共同意見的門檻也必須要降低，例如，可調為超過1/2或是2/3之類。

整體而言，這次全國能源會議和之前相比，有意識到時代的進步，在作法上也做了不少調整，關於資訊透明和公開參與的部分，真的是做得很好。只是在最後全體大會的階段，仍有許多需改進的地方，許多代表也未能珍視此次機會，並把握共同創造能源政策改革的機會，是這次全國能源會議的最大遺憾。

（本文作者為國立清華大學核子工程研究所研究助理）

台灣能源的必要之善

文・梁正宏

去年底，筆者參加全國能源分區會議，有位主婦搶先發言，以拔尖的音調抗議：「我就是不要核能！如果哪天停電了，就是政府失能！」霎時間，我的腦海浮現再熟悉不過的名言：「不要問國家能為你做什麼，要先問自己能為國家做什麼！」難道甘迺迪在21世紀的今天，過時了嗎？

茫然之際，我想起年前，好奇詢問剛考上核工所碩士班的非本科女學生：「為何挑選核工專業？」只見她拿出「北極熊危坐薄冰，無助漂流」的剪報，同樣激動卻篤定地說：「地球暖化問題太嚴重了，我們需要核能來救地球！」

今年初，我前往印度，考察其經濟與能源的雙贏發展。甫出新德里機場，隨即咳嗽不停。四野望去，盡是灰濛一片，原以為是冬霧作祟，後經瞭解，才知印度過多的燃煤發電，空氣污染嚴重，又時值冬日，不少遊民焚燒垃圾取暖，使得空氣品質更加惡化。

2013年6月美國國家海洋暨大氣總署表示：「大氣中二氧化碳的濃度，在人類史上首度超過400ppm，這些增量主要來自化石燃料。」世界衛生組織更指出「全球每年有300萬人死於化石燃料電廠所造成的空氣污染！」現今印度政治明星：總理穆迪，在擦亮「經濟」這塊金磚的同時，面對電力需求迅速增加，則致力推廣核電，迄今已擁有20座核電廠。除此之外，去年11月在北京，中美聯手針對節能減碳、降低全球溫室效應達成協議，並確保今年12月將於巴黎舉辦的聯合國氣候變遷綱要公約會議中，訂定具有法律約束力的綠色氣候基金和碳價。

縱觀寰宇現今的核能發展，正呈現上揚的趨勢：日本的核電廠陸續準備重新啟動。美國不但大興核電廠的土木，而且目前100部屆齡的核能機組中，即有75部獲准延役，另有17部正在申請中。西班牙也已通過國內核電廠的延役申請。韓國對於國內核電的推動，不僅方興未艾，更大力開拓核電廠的外銷市場。盛產石油的阿拉伯聯合大公國，也興建了4座核電廠。甚至主張廢核的比利時，去年因為找不到更好的替代能源，改弦易轍地通過了核電廠的延役申請。尤其近年來，中國在沿海櫛比鱗次地廣建核電廠，堪稱舉世之最。然而，名列高碳排黑名單的台灣又做了些什麼？

能源有化石能、核能、風能、太陽能等不同形式，也有「基、中、尖、備載發電」的不同適性。但天生萬物皆有用，所有能源皆是造物者賜予的「必要之善（unavoidable merit）」。如何適性取材，化「抵制」為「監督」，再根據台灣的天然環境與實際需求，以及避免觸犯國際制裁的情況下，找出屬於自己的最佳能源配比，相輔相成，才是追求永續經濟發展、開創全民福祉、為子子孫孫預約燦爛未來的正道。❀

（本文作者為清華大學核子工程與科學研究所特聘教授）

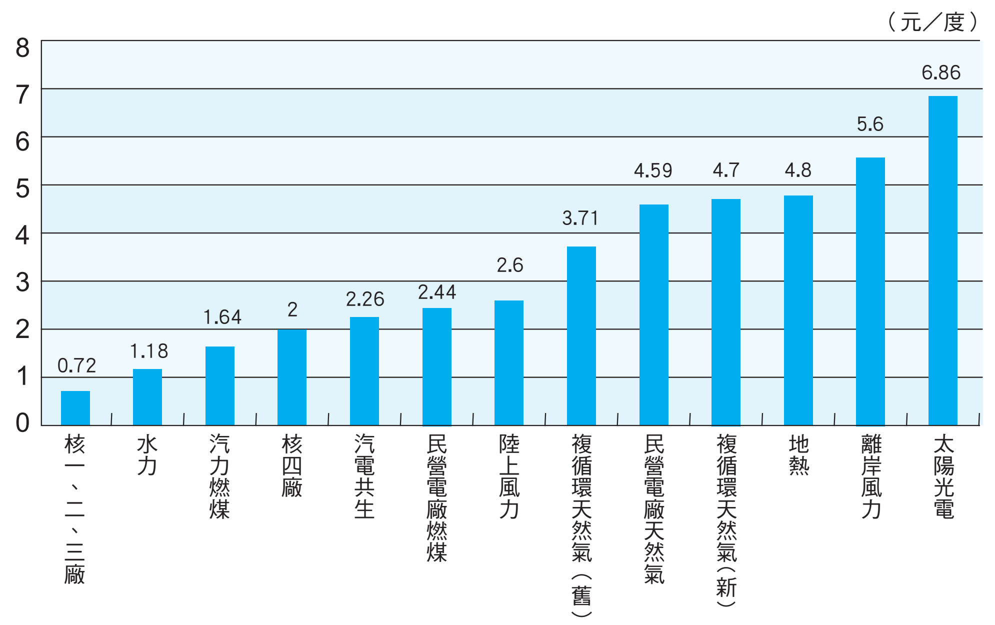
台灣核電的定位及現狀

文・梁啟源

台灣目前3座核電廠6個機組，總裝置容量為51.4萬瓩（MW），年發電量41,639百萬度（GWh），分別占台電總裝置容量及總發電量的12%及18.8%。若核四完工運轉可再增加9%的發電量，約占總發電量27.8%，和福島核災之前（2010年）日本核能占發電量的比率28.6%相近。惟行政院已於4月28日宣布核四安全測試通過後將暫時封存，以後再交由全民公投決定去留。若既有3座核電廠照既定時程於2018-2025年如期除役，2025年我國即將步入零核，本文將指出廢核對台灣的影響以供全民參考。

首先，台電根據政府決策已投資核四廠的2,838億元，若政府不予挹注，台電就得破產，全國供電穩定將受挑戰。由政府增資，台灣每一家庭平均要負擔近5萬元。

依靠其他能源，成本更高。以燃燒天然氣取代核四將可以發電200億度，發電



註：太陽光電為能源局公布之各類太陽光電躉購價格的加權平均數。
資料來源：1. 台電公司（2012 年資料）。
2. 能源局（中華民國 101 年度再生能源電能躉購費率及其計算公式）。

圖 1. 台灣的發電成本

成本將增540億元，電價將漲10%，根據台灣動態一般均衡模型加以推估，經濟成長率將因而下降0.13%，消費者物價將漲0.34%，就業人口將減少2萬5千人。若加計燃氣取代核一、二、三廠，電價將漲4成以上。

以再生能源替代核四，因成本高，電價漲幅更大，以太陽光電為例，若替代核四，單計發電成本的增加，將使電價漲18%以上。各種發電方式的成本比較如圖1。

廢核同時會發生嚴重缺電問題。假設2013-2026年平均經濟成長3.32%，電力需求年成長為1.89%（低於過去10年的2.9%），2018年備用容量率將由2014年預計的15%降至6.6%，這將發生1990年代備用容量率僅4.2-7.4%的停限電夢魘，在1990-1996年間停限電43次，1994年就停限電16次。反核人士認為2000年政府做核四再評估時，台電就說沒核四會缺電，但事實上並沒發生。主要原因是1990-2000台灣電力成長平均達7.95%，由於電廠興建由規劃到完工需時近10年，2000年之後興建的電廠是根據7.95%年均成長率所規劃的。但2000-2012年平均電力成長率僅為2.9%，主要是2000年之後科技泡沫、金融大海嘯及歐債風暴，年平均經濟成長率由先前的6.2%大幅下跌為3.8%，加上同期間電力效率提升（年增0.9%）。因此核四未及時商轉仍沒缺電。

至於未來電力能否維持零成長，同時可避免缺電？由世界各國的經驗來看，長期而言絕不容易。因為經濟要成長，一定要用電，尤其人民生活水準越高，電器用品越多，用電就越多。以經濟合作發展組織（OECD）國家為例，1990-2010年間，用電年平均長率為1.8%。日本過去20年被稱為「失落的20年」，節能減碳也很成功，但用電仍然以每年1.3%的幅度成長。開發中國家則因經濟成長率較高，要電力零成長，又要避免缺電更難，以台灣及南韓為例，1990-2010年電力年均成長率分別達5.4%及8.11%（見表1）。

其次，大台北地區面臨的缺電問題，將特別嚴重。協和電廠2017年11月將除

表 1. 主要國家的用電成長

	用電消費量（10 億度）				年均成長率（%）		
國家	1990	2000	2007	2010	1990-2000	2000-2010	1990-2010
台灣	76.08	163.48	215.67	217.67	7.95	2.90	5.40
日本	772.58	942.62	1,010.50	1,002.38	2.01	0.62	1.31
OECD	6,807.02	8,608.30	9,601.47	9,650.60	2.38	1.15	1.76
韓國	94.49	259.54	386.20	449.51	10.63	5.65	8.11
德國	--	509.08	550.90	549.12	--	0.76	--
英國	284.38	335.57	348.44	329.29	1.67	-0.19	0.74
丹麥	28.87	32.78	34.73	33.56	1.28	0.24	0.76
瑞典	130.24	135.16	135.21	135.96	0.37	0.06	0.22

資料來源：U.S. Energy Information Administration （EIA）。

役，若核四不運轉，2021年淡水河以東的大台北地區將無電廠。其供電缺口，將超過中北輸電幹線的可靠送電能力。若有一個超高壓鐵塔倒塌，大台北地區將會大規模停電。

有關核四太接近大台北地區，一旦發生核災台灣無法承受的憂心，值得注意的是，核四廠位於新北市貢寮區，距台北市郊約27公里，離台北火車站41公里。美國Indian Point核電廠距離紐約市約38.4公里（24英哩）【資料來源：美國NRC網站資料】，離紐約市中心64.36公里（40英哩）（紐約市人口839萬人）【資料來源：Indian Point Energy Center】。大陸大亞灣核電廠位於深圳龍崗區（人口200萬人），離香港市中心尖沙嘴52公里（香港人口707萬人）【資料來源：大亞灣核電運營公司】。法國核電廠其邊緣距離40公里以內有人口數超過百萬之城市的核電廠有3座；而邊緣距離40公里以內有城市的核電廠計有14座。上述的核電廠並未在福島核災後，被各國政府要求關閉。

目前我國二氧化碳排放量約2.57億公噸，4座核電廠可減4,700萬公噸二氧化碳（占18%）；其中，核四可減1,654萬公噸（占6.4%）。若無核能，我國2020年回到2005年碳排放水準的國際減碳承諾必然跳票。我國對國際減碳承諾若跳票，將面臨國際貿易制裁。

其他國家又如何面對核能發電？日本

表 2. 零核電對日本經濟社會的影響

1. 電力公司財務惡化	淨資產將損失 75%約 4.4 兆日圓。
2. 電力公司燃料成本上升	2011 估年增 3.1 兆日圓；2013 年估為 3.6 兆日圓。
3. 貿易赤字擴大	•2011 年貿易逆差 2.6 兆日圓。 •2012 年貿易逆差 6.9 兆日圓，2013 年由於日圓貶值逆差更擴大到 11.5 兆日圓，零核影響為 31%（＝ 3.6 兆 /11.5 兆）。
4. 電價上漲	•2013 比 2010 年家庭用電漲 19.4%，產業用電漲 28.4%。 •2014 年 6 月 -2010 年（東電）家庭用電漲 35.4%。 •零核影響 15%。
5. 產業外移	經濟產業省 2011 年 5 月調查，約有 69%的企業表示可能加速外移。
6. 二氧化碳排放目標削減	•由 2020 年比 1990 年減 25%，改為 2030 年代比 1990 年減 20%。 ▲期程延 20 年，目標減 5%。 •2012 比 2010 年 CO_2 排放實際增加 8,500 萬噸。
7. 對經濟成長的影響	若無零核政策，2015 年 GDP 可增加 0.44%。

資料來源：1. 日本資源能源廳「2014 能源白皮書」；
2. 東京電力公司網頁；
3. 梁啟源「日本為何放棄零核政策？」，經濟日報，103 年 8 月 19 日。

在311後全面停核，但因替代燃料成本激增（2013年為3.6兆日圓），住宅及產業電價分別上漲3及4成（其中零核影響約占一半），貿易由2010年順差6.6兆日圓，轉為2013年的逆差11.5兆日圓（零核的影響約占3成），對國際的減碳承諾落空（見表2），以至於自民黨政府由廢核改為支持繼續發展。

以發展再生能源來替代部分核電，可說是全民共識。但再生能源除成本偏高，且台灣地狹人稠設置困難外，又因發電不穩定，需配合儲能及智慧電網，實際上無法完全替代核電。

若以風機來替代核四（270萬瓩，年發200億度電），需建風機（2MW/座，年發電500萬度）達4,000座，目前風場較佳的200公里的西海岸線已裝設314座風機，其餘風機到哪裡蓋？因目前風機附近（如苑裡）已有居民抗爭，澎湖海纜在雲林上陸也遭居民反對。若興建離岸風機除成本為陸上風機的2倍外，尚有颱風、海床爛泥甚厚的技術問題及航權、漁權及環保（如影響白海豚迴游路線）等問題待解。

若以太陽光電來替代核四，則需1.5萬公頃的土地及屋頂，約占台北市面積的60%。先不論太陽光電成本較貴，對電價的影響將高於以燃氣替代核能的增幅，且因供電不穩定的特性，如晚上不能供電，白天沒太陽也不能供電，而台灣又是獨立電網，無法像歐陸國家有聯網系統，電力不足可向他國取得電力。

如上所述，風機及太陽光電皆無法做為備用容量，為維持系統的穩定，我國必需建有相等發電量的備用容量。若無核四，未來10年備用容量率本已不夠（低到6%以下），如何加以支應？

若蓋可供備用的新電廠，時程來不及，且覓地不易，而且也增加供電成本。另外一個困難是尚需額外投資，建立配合再生能源發電的智慧電網，除還要再增加供電成本外，興建這些比目前更綿密的電網，難道鄰近的居民不會擔心電磁波而抗爭？

主張廢核電者，力主在2020年我國再生能源占發電量比例達20%，和德國相近（占22%）。德國在過去12年間，將再生能源占比由4%提高為22%。但除電價因補貼再生能源大幅上漲外，因智慧電網設置困難，根據《Nature》雜誌2013年4月11日報導，德國2011年各地停限電超



表 3. 德國發展再生能源的影響

1. 民營電廠求償	德國電廠多為民營，政府如何強制民間電廠除役，如何補償（業者求償 100 多億歐元），能否順利，恐怕還值得觀察。
2. 再生能源占比提高	由 2000 年的 4%，提高為 2012 年的 22%。
3. 供電成本增加	再生能源總成本高達 1 兆歐元。
4. 電價大幅上漲民怨升高	電價大幅上漲民怨四起，2000-2013 年，上漲超過 1 倍，再生能源稅的影響超過 1/3；2007-2013 年上漲 37%，再生能源稅的影響超過一半以上。德國目前電價（住宅用）每度達 28.34 歐分（新台幣 11 元），是世界電價最高的國家之一。
5. 能源轉型計畫可能落空	各方要求修改再生能源促進法限縮再生能源的發展計畫，能源轉型計畫將延宕。
6. 電力供應不穩	因輸配電設施無法配合再生能源的快速發展，2011 年停電超過 3 分鐘次數達 20 萬次。
7. 溫室氣體減量趨勢反轉	2011 年宣布減核之後，德國煤炭用量已增加 4.9%，未來將加蓋新燃煤電廠。

資料來源：1.《Nature》（Vol. 496），102 年 4 月 11 日；
2. 德國聯邦能源與水資源協會（電價變動資料）。

過3分鐘的統計次數多達20萬次（見表3）。試問台灣的產業及民眾，如何面對如此不穩定的供電品質？特別是，德國電網可與歐洲其他國家聯結，台灣為孤島，缺電如何外求？

核四自興工迄今，外界質疑的施工問題，多停留在4-5年前的過時資訊。如台電為解決實際施工時遭遇問題而進行的工程變更，因訴訟關係未能獲得GE確認。然而，2012年4月此訴訟案已和解。2013年所有設計變更均已獲GE認可，並已完成改正。

對原能會裁定的違規及注意改進事項，1號機改善後結案也多達7成8及8成5。18工項中，17項已完成改善並結案。電腦數位儀控系統已於2012年完成安全功能邏輯整合測試。1號機試運轉方面，通過台電內部試運轉審查機制，已達83%。

總之，由於廢核對經濟影響深遠，2009年9月宣布廢核四，股市還曾連跌3個月，跌幅近30%。是否要在目前已亟待振興的我國經濟上，再加重擊，有待全民明智抉擇。

（編按:本文亦刊登於日本《Energy Review》月刊2015年1月「台灣特集」）

（本文作者為中華經濟研究院董事長）

「福島．你好」論壇—獻上歌聲與千鶴的祝福

文‧編輯室

日本發生福島核災至今已4年，許多台灣民眾非常關切當地的現況與重建的進度，也希望繼續表達問候與祝福。在日本反應爐全數停機之後，日本未來核能發電的走向如何，更是我們的熱門話題。因此中華民國核能學會與台電公司於今年3月7日舉辦「福島‧你好」論壇。

本次論壇邀請日本福島大學助理教授丹波史紀報告「日本福島復興現況」，另一位是日本能源經濟研究所（IEEJ）核能組組長村上朋子，報告「日本能源的未來樣貌—電力、核能、再生能源」。演講內容可上核能資訊中心網站觀看：http://www.nicenter.org.tw/modules/eguide/event.php?eid=25，另摘要如下：

日本福島復興現況

全日本有1,700個村町，其中1,200個村町有福島縣民前去避難，目前仍有12萬人過著避難生活。震災後3代同堂的家庭約有一半分散，核心家庭則有80%沒分散。因震災而產生的相關死亡，至2014年9月有3,194人，其中福島縣有1,793人，比因震災直接死亡的1,603人還高，約9成是66歲以上的高齡者。

緊鄰福島電廠的浪江町，輻射劑量比福島市低，但還沒有人返鄉，顯示福島縣民受「風評傷害」（謠言傷害）的困擾。



▲ 圖 1. 福島米的全袋檢查，從 2012 年開始在福島縣各地引進稻米的全袋檢查設備。對所有的米（約 1 千萬袋／ 35 萬噸）進行檢查。
檢查結果：超過標準值（100 貝克／公斤），2013 年 0.003%，2014 年 0%。世界及各國標準：美國 1,200 貝克／公斤，世界食品法典（Codex Alimentarius）1,000 貝克／公斤，台灣 600 貝克／公斤

福島縣已展開種種復興重建工作，福島出產的米全部經過全袋檢查，全數在國家檢驗標準100貝克／公斤以下。福島的日本酒更連續2年榮獲日本第一的殊榮。在愛知縣豐川市舉辦的美食競賽，浪江町得到金牌獎，對避難災民有很大的鼓勵作用。

日本民眾到会津若松市觀光的人數創最高紀錄達395萬人，各級學校畢業旅行到訪福島的學生也持續增加。首都圈連接宮城縣的常磐汽車道已於2014年3月1日全線開



▲ 圖 2. 福島產的日本酒、連續 2 年榮獲日本第一殊榮

通。

從福島、宮城、岩手等災區徵召中學生約100人組成經濟合作發展組織（OECD）東北學校，經過2年半的集訓，於2014年8月在巴黎將日本東北的現況與魅力傳播給全世界。

而年輕的學生也負起福島縣復興的重建工作，復興重建工作不僅考慮到與生活／生存有關的居住、工作、醫療，也必須讓個人、家族和地區恢復昔日尊嚴。他們不願一直被稱為災民，不是「將世界之光照射到福島」而是「讓福島發出世界之光」。

日本能源的未來樣貌—電力、核能、再生能源

2014年4月內閣會議通過「能源基本計畫」，明訂S+3E為基本方針—在安全（safety）的前提下，能源保障（Energy Security）、經濟效率性（economic efficiency）、環境永續（Environmental Sustainability）3者的平衡為原則，追求平時的安定性／效率性、危機時的快速因應，以建構多層化、有彈性的能源供需結構。

能源基本計畫明白指出核能符合S+3E，因此提出在確保安全的大前提下，核能是「重要的基載電源」。

2015年1月，經濟產業省在綜合資源能源調查會的基本政策分科會之下，新設「長期能源供需展望小組委員會」，依據能源基本計畫，檢視現實與平衡的能源供需結構及未來展望。

資源貧乏的日本需有長期戰略，為求不受日益複雜的國際情勢所衝擊，建立安定的社會，擬定適當的長期能源戰略更加重要。因此不僅是再生能源，活用核能也很重要；著眼於易受政策影響的電源結構，設定4個情境（Scenario）。

沒有一種各方面都100分的能源，因此必須組合使用，尋求最佳能源配比；若針對經濟、環境、能源安全保障等綜合性考量，應均衡活用再生能源、核能、化石燃料，同時也導入節能措施。

日本正推動電業自由化，即使在競爭環境下也應保證安全性受到管控。能源經濟研究所提出能源最佳配比，以4個假設情境來分析，最後以火力50%、再生能源及核能各25%為目標。

世上沒有真正零風險的能源技術，最新的能源技術的使用量隨著核能利用量降低而必然增加，但那些能源的使用也有風險。日本全體國民必須正視核能風險，包括不用核能的風險。

結語

這次論壇最特別之處是安排台電合唱團獻唱多首動聽的中日文歌曲，會場氣氛溫馨感人。台電公司總經理朱文成將一束紙鶴花及一盒裝有千隻紙鶴的禮物送給兩位主講人，代表台電對福島的祝福，希望他們走出災難、迎向幸福快樂。

「穹頂之下」 中國核電裝機容量加速提升

文・編輯室

對岸最近剛結束中國人民代表大會和中國人民政治協商會議，在「兩會」進行期間，有兩件事情同步發生，一是前央視記者柴靜的新聞調查紀錄片—《穹頂之下》，引發了廣大網民的強烈關注；另一則是遼寧紅沿河核電廠二期工程獲得審批重啟的消息，這意味著繼田灣核電廠二期工程之後，時隔2年多，中國政府重新核准核電新建開工建設。隨著一系列政策信號的釋放，核電重啟已加速進入實際落實階段。

核電是霧霾的真正剋星

煤炭長期占中國一次能源生產、消費總量的70%左右，每年近40億噸煤炭的消耗，為環境帶來難以承受之重。發展核電、水電、風電、分散式光伏發電等能源，對於消除傳統化石能源帶來的PM2.5（即直徑小於或等於2.5微米的懸浮粒子）污染問題，十分重要。據資料顯示，2台100萬瓩級核電機組，每年可減少電煤消耗660萬噸，減少二氧化碳排放量約1,482萬噸、二氧化硫和氮氧化物排放量約13.64萬噸。困擾全中國，甚至鄰近國家的霧霾天氣，和燃煤電廠的煙塵排放不無關係。1公斤鈾235經由分裂反應後釋放的能量，相當於2,400噸標準煤釋放的能量。一座100萬瓩的核電廠，每年只需要補充30噸核燃料，而同樣功率的火電廠每年就要用掉330萬噸煤。且核電運輸比較方便，又不產生煤渣，是非常乾淨的潔淨能源。中國工程院院士葉奇蓁認為，改變中國的能源結構，突破資源環境的瓶頸，保證能源安全，減緩霧霾天氣，核電有不可替代的作用。

此外，在兩會上由中廣核集團董事長賀禹發起，21位全國政協委員聯名提交了一份名為《推動核電新一輪規模發展，實現中

表 1. 2012-2014 年中國核電發電量、設備平均利用情況

年份	2012 年	2013 年 1-11 月	2014 年
核電設備平均利用小時數（單位：小時）	7,838	7,195	7,489
發電量（度）	982 億	1,186 億	1,262 億
全國總發電量占比（%）	1.97%	2.11%	2.39%

數據來源：中電聯、中國核能行業協會

長期國家能源結構調整戰略目標》的提案。

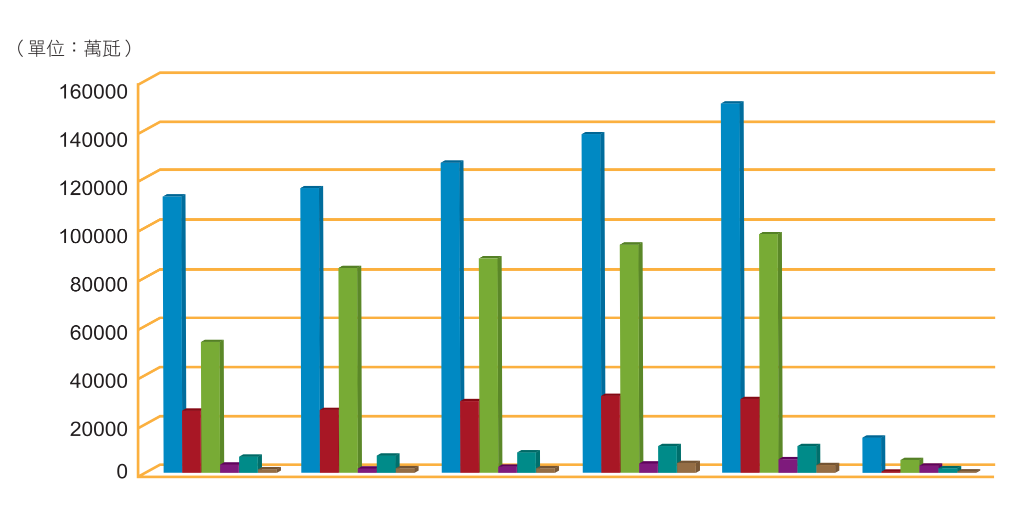
賀禹於3月7日接受採訪時表示，根據習近平主席2014年11月代表中國政府向國際社會做出的公開承諾，2030年中國非化石能源占一次能源消費比重將提高到20%左右，這意味著屆時非化石能源的供應量要達到12億噸標準燃煤左右。

據測算，在考慮最大發展潛力的情況下，到2030年，風電、水電、太陽能發電、生質發電裝機規模將分別達到5億、4億、3億、0.2億瓩，折合標準燃煤分別為2.9億噸、4.2億噸、1.2億噸和0.4億噸，剩餘3.3億噸的缺口則需要由核電來填補。

「由此倒推，2030年核電裝機規模需要達到1.5億至2億瓩才能有效支撐非化石能源占一次能源消費總量20%目標的實現。我建議，應從國家戰略層面進一步明確核電在我國能源電力供應中的支柱地位，實現核

表 2. 中國運轉中 22 台核電機組統計表（截至 2014 年底）

核電廠／機組	項目	裝機容量（萬瓩）
秦山核電廠		31
廣東大亞灣核電廠	1 號機組	98.4
	2 號機組	98.4
秦山第二核電廠	1 號機組	65
	2 號機組	65
	3 號機組	66
	4 號機組	66
廣東嶺澳核電廠	1 號機組	99
	2 號機組	99
	3 號機組	108.6
	4 號機組	108.6
秦山第三核電廠	1 號機組	72.8
	2 號機組	72.8
田灣核電廠	1 號機組	106
	2 號機組	106
寧德核電廠	1 號機組	108.9
	2 號機組	108.9
紅沿河核電廠	1 號機組	111.9
	2 號機組	111.9
陽江核電廠	1 號機組	108.6
福清核電廠	1 號機組	108.9
方家山核電廠	1 號機組	108.9
合計		**2030.56**



（單位：萬瓩）	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	十二五目標	未完成量
電力裝機容量	106,253	114,676	124,738	136,019	149,000	12,981
其中：水電	23,298	24,947	28,002	30,183	29,000	0
其中：火電	76,834	81,968	86,238	91,569	96,000	4431
其中：核電	1,257	1,257	1,461	1,988	4,000	2,012
其中：風電	4,623	6,142	7,548	9,581	10,000	419
其中：太陽能發電	212	341	1,479	2,652	2,100	0

數據來源：《全國電力工業統計數據》，因《全國電力工業統計數據》中未計天然氣發電數據，故其完成情況並未在圖表中列出。

圖 1. 中國「十二五」期間電力裝機容量圖

電在我國的規模化發展。」賀禹說。規模化發展核電，大量替代非化石能源是實現能源結構優化目標、保護生態環境的必由之路。

目前，中國的核電廠均建設在沿海地區，1.5億至2億瓩的核電裝機將如何佈局？賀禹建議，應儘快啟動內陸核電建設。

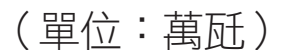
中國現有核電大數據

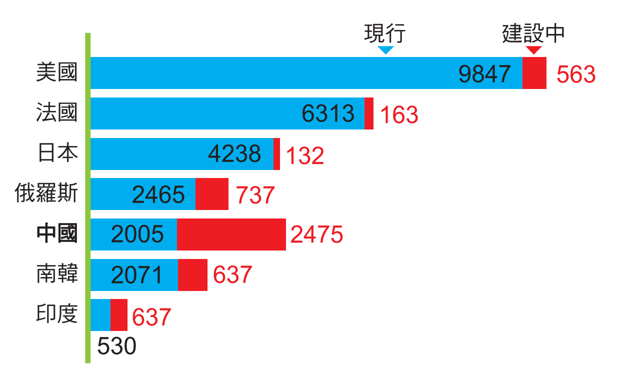
2015年1月30日，中國核能行業協會發布截至2014年底中國運轉中核電最新資料。資料顯示，繼2014年11月22日、12月15日，福清核電廠1號機和方家山核電廠1號機先後投入商轉後，目前中國投入商轉的核電機組共有22台，總裝機容量達到2030.56萬瓩。詳細資料如表2。

此外，據中國核能行業協會統計，2014年第4季中國累計發電量為13,883.2億度，核電累計發電量為368.96億度，約占全國累計發電量的2.66%。與燃煤發電相比，核電相當於減少燃燒標準煤1184.36萬噸，減少排放二氧化碳3103.03萬噸，減少排放二氧化硫10.07萬噸，減少排放氮氧化物8.76萬噸。

第4季核能發電量比2014年第3季下降2.01%，比2013年同期上升22.15%。累計上網電量為346.41億度，比2014年第3季下降2.08%，比2013年同期上升22.25%。

中國各運轉中核電廠嚴格控制機組的運轉風險，繼續保持安全、穩定運轉，未發生國際核事件分級表（INES）一級及一級以





數據來源：國際原子能總署 (IAEA)，2014 年 2 月 10 日數據

圖 2. 世界各國核能發電量比較圖

上的運轉事件。此外，各運轉中核電廠未發生較大及較大以上的安全生產事件、環境事件、輻射污染事件，以及火災爆炸事故，未發生職業病危害事故等工安意外。

按照中國國家環境保護法規和環境輻射監測標準，依據管理部門批准的排放限值，各運轉中核電廠均對放射性排出流的排放進行嚴格控制，對核電廠周圍環境亦進行有效監測。第4季環境監測結果顯示，各運轉中核電廠放射性排出流的排放量均遠低於國家標準限值。

中國核電裝機容量不斷提升

截至2014年12月，中國共有22台核電機組投入商運，總裝機容量2,010萬瓩，發電量1,280億度，占全國總裝機容量2%；興建中核電機組26台，共2,850萬瓩，位居世界第一。

北京銀行聯合信息網發佈的《中國電力行業研究月度報告2015年2月刊》報告預計，2015-2016年間，中國將先後有14台機組投運，屆時，整個核電裝機容量將超過3,400萬瓩。核能發電量將超過風電，繼火電、水電之後成為第三大電源。在全球核電裝機排名表上，中國也將超過韓國（2,070萬瓩）、俄羅斯（2,300萬瓩）成為世界第四；2020年以前將超過日本，躍居世界第三，成為僅次於美國與法國的核能大國。

穹頂之下的台灣

台灣民眾在熱議「穹頂之下」這部紀錄片時，是否意識到中國的霾害與我們的健康與環境密切相關？每當有鋒面南下，或是大陸冷氣團來襲時，中央氣象局就會發布空氣品質不良的警告。伴隨著空氣系統而來的霧霾中，PM2.5等有害的懸浮微粒會造成我們呼吸道過敏、肺泡炎、心血管疾病，甚至死亡的健康危害。因此，快速發展核能與再生能源等低碳潔淨能源，成為中國政府刻不容緩的因應對策。面對台灣空氣品質急遽惡化的現狀，我們的能源政策又是什麼？

參考資料：

1. 2015/03/10，長江資訊報
2. 2015/03/10，東方早報
3. 2015/02/06，深度能源觀察
4. 2015/03/06，中國核電資訊網
5. 2015/02/11，中國工業報

環境的異變與能源

譯・朱鐵吉

異常氣候悄悄地來到了

人類握有極大的力量「什麼都能」，譬如建設了巴比倫塔。但是，地球環境正逐漸明顯地惡化，無法預測的災害頻頻發生。史無前例的猛暑、豪雨及超級颱風的侵襲，以及世界各處發生的異常氣象，主要原因是大量燃燒化石燃料。

地球環境變化可允許的限度為何？

地球持續地接受大量的太陽能照射並儲存能量，至目前為止已達45億年之久，今後將再持續20億年以上。地球擁有強大的包容力，其中包括生物的生存和進化，也誕生了人類。人類逐漸成長，並自由地追求豐富的生活，但是，追求豐富的生活也必須在地球環境允許的範圍內活動。地球誕生時，大氣中充滿著二氧化碳和氮氣，隨後，二氧化碳的碳元素部分因化學變化而形成固體化合物，大量的氧氣則留存在大氣中，目前大氣中存在的氮和氧氣比例為4：1。

自產業革命以來，人類大量消耗化石燃料釋出二氧化碳，這200年來大氣中二氧化碳含量從200ppm急升至390ppm，如圖1所示。由於二氧化碳是會導致地球溫暖化的氣體，導致地球大氣溫度上昇

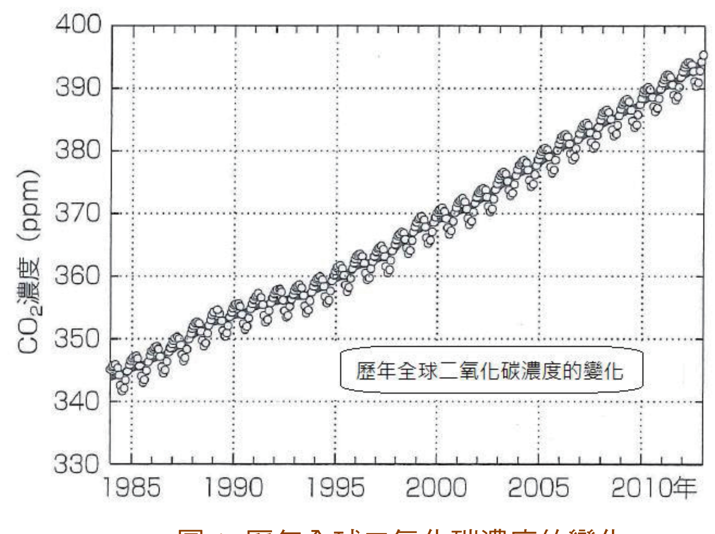


圖 1. 歷年全球二氧化碳濃度的變化

0.85° C以上。地球大氣的溫度是源自太陽能和地球內部釋放的能量，兩種能量在大氣間放射和放熱後達到平衡狀態的溫度。這種平衡狀態因為二氧化碳的增加而產生溫室效應，使地球的大氣溫度確實緩慢地上昇。

環境於今日的變化是「前所未有的經驗」，造成氣候的變遷。在重大事態發生前，必須阻止大氣中二氧化碳的增加，並減少化石燃料的消耗。

京都議定書

1997年聯合國氣候變化框架公約（UNFCCC）的第三次締約國大會（Conference of Parties III，COP3），很有野心的訂定京都議定書，21世紀以後，對於地球暖化問題，彼此限定溫室氣體的排放而得到高度的評價。以此為基礎削減二氧化碳排放，日本是世界上少數可以達成規定的國家之一。

另一方面，也積極地推動節能的活動；但是，為了增進文明的生活，能源消費仍持續增加，使溫室氣體二氧化碳量每年亦持續增加。

世界氣候異常增加

異常氣候是什麼？聯合國政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）第5次評估報告指出，以世界規模評估近年來觀測到極端氣候的變化，預測今後異常氣候為：

①大部分的陸地日夜暑熱的情形會增加

②大部分的陸地會持續地高溫，熱浪的頻率以及持續的期間會增加

③豪雨頻率、強度及降水量上升，氣象的不平衡導致地球上空繞行的氣流呈蛇行現象，寒冬、暖冬、暑熱夏天、冷夏的情況頻頻發生，產生異常的氣候。



近來世界多處發生前所未見的集中性豪雨和強大龍捲風等異常現象，還有因強烈酷熱而導致的沙漠化，人類對氣候異常而發生自然災害的嚴重性應有所覺悟。

能源需求量是多少？

自然災害和能源之間的關連性，以日本來說，颱風、水災、乾旱以及地震和火山爆發等災害甚多：

①颱風：日本伊勢灣颱風掀起極高的巨浪，其能量達8×10^{15}焦耳（J），1976年第17號颱風降下800億噸雨水，其挾帶的能量達1.8×10^{21}焦耳（J）。

②大雨：在1,000平方公里流域降水量達500毫米時，約有5億噸的水量在流域內降下，致使高處洪水量急速往下流，對河床破壞甚劇。倘若這種水量在海拔180公尺高度往下流，因地心引力而產生的能量將達到1.0×10^{15}焦耳（J）。

③乾旱：約1,000平公里的流域上、海拔高度700公尺每年降水量平均為1,900毫米，則是屬於缺水區，其不足額約有40%，平均減少0.5×10^{17}焦耳（J）的能量。

④地震：在東海、東南海及南海發生芮氏8.7級地震，其能量達7.1×10^{17}焦耳（J）。

⑤火山：1000° C的熔岩流出時，包括岩漿冷卻的能量。例如日本富士山噴發時在寶永地區放出的熔岩約12億噸，熱能約1.2×10^{18}焦耳（J）。

100萬瓩的核電廠每年產生的總能量為3.15×10^{16}焦耳，足以和地震與火山發出的能量匹敵，但和颱風相比只有萬分之一的程度。

異常氣候的災害

自然災害所產生的能量有多大，值得我們去瞭解。地震及火山噴發的能量很大，但是隨著發生地點的距離而有所不同，受限於直接影響。因地震而引起的海嘯所產生的能量也需要了解，而採取因應對策。

另一方面，就水災來說，2013年日本夏天廣泛的水災，數小時內的降水量，上游往下游流下的水量含有極大的能量，與過去大規模豪雨可以匹敵。流域中狹窄地區將受到大量能量衝擊，產生重大的傷害。

至於颱風的能量，對襲擊日本的颱風試算的結果，颱風最大者以風速每秒約100公尺的強風，或10公尺高的海浪襲擊海岸，破壞規模都屬巨大。

維護環境

地球環境因大氣環流及海流兩者作用的影響而產生變化，這並非一朝一夕所能生成的。災害的規模以能量來衡量，當然是地球自然產生的能量勝出，人類生產的能量畢竟有限，因此「維護環境」是我們必須確實執行的首要目標。

資料來源：
宮野廣，“人とエネルギーを考える－環境異変とエネルギー（6）” Energy Review October 2014: p.56-57.

世界氣候變遷的問題

譯・朱鐵吉

「2015年底國際氣候大會COP 21」中美的動向

2015年世界能源情勢，特別是石油與天然氣的供需，受到中國等新興國家經濟發展減緩與市場軟化的影響，依然存在著不確定的因素。產油國的政情不穩，自「阿拉伯之春」以來，使非洲、中東產油和產天然氣國都面臨了新的問題，最近伊拉克的「伊斯蘭國」內戰，為一部分政治混亂的產油國製造了新的火種。此外，還有烏克蘭內戰以及俄羅斯對歐洲天然氣輸出不穩定等因素。

目前世界上的能源以電力為主，能源安全與氣候變遷，最近已成為國際矚目的焦點。

2014年10月聯合國「政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change，IPCC）」發表綜合報告，指出溫室效應氣體的問題已達到拉警報的階段，歐盟加盟國已於2014年11月同意2030年溫室氣體的削減目標。至於對氣候變遷問題採取消極態度的美國與中國，也在2014年11月的APEC會議上共同發表溫室氣體的削減目標，本文將介紹今後氣候變遷問題的動向。

對COP 21行動方向的活躍化？

世界氣候變遷為眾所周知、是地球上的大問題，已成為聯合國的中心課題，一再地檢討如何掌握實際事態並採取因應的對策。1992年締結聯合國氣候變化框架公約（United Nations Framework Convention on Climate Change，UNFCC），締約國（COP）每年12月開會；1997年COP 3締結京都議定書，2008-2012年訂定溫室氣體的削減目標。表明日本和歐美先進國均有削減的義務，對世界氣候變遷問題開始有了因應行動。

為了達成京都議定書的削減目標，日本和歐洲均努力在實行，可是美國卻脫離其約束，中國與其他新興國家仍大量排放

二氧化碳而不負削減的義務，因此全球的碳排削減並無甚大進展。

為此，近年來COP制定「後京都議定書（Post-Kyoto Protocol Negotiations on Green House Gas Emissions）」，對「將來設定削減目標」重新再討論，2015年12月將在巴黎召開COP 21會議，期待能達成協議。

2100年氣溫將上升0.3-4.8˚C 海平面將上升0.26-0.8公尺

2013-2014年，IPCC經過6年的時間才發表第5次評估報告，IPCC對COP的氣候變遷給予國際採取行動的數據，集合世界各國專家，以科學的見解包含評估和實行，提出實務報告。

IPCC成立作業部撰寫報告書，並將各個報告綜合整理成整體性報告書。這一屆第一部會（科學基礎）於2013年9月，第二部會（影響、適應、脆弱性）於2014年3月，第三部會（緩和策略）於2014年4月，分別發表報告書，於2014年10月完成綜合報告書。

綜合報告書提到氣候變遷「1880-2012年間，氣溫上升0.85 ˚C，產業革命後氣溫、海洋的暖化，特別是1950年以後觀測到前所未有的變化，重要原因是人為產生的二氧化碳及溫室氣體排放量過高所引起。」事實上，1970-2010年共40年間源自人為排出二氧化碳累積數量，約為1750-2010年的260年間排放量的一倍，可見1750-1970年共220年間的碳排量比最近40年間少相當多。

預估2100年大氣中二氧化碳濃度將達雙倍，氣溫與產業革命前相比將上升0.3-4.8 ˚C，海水水位則可能上升0.26-0.82公尺。此外，二氧化碳濃度增高將造成氣溫極端變化，出現高溫的情況，極端型降雨的可能性也頻繁增加。

增溫抑制在2˚C以下影響較緩和

報告書亦指出，全力抑制氣候變遷的影響，必須在2100年為止氣溫上升不超過2 ˚C，即「450ppm計畫（2100年大氣中二氧化碳濃度抑制在450ppm以下）」，本案實現的可能性高達66-100%；若放寬為「500ppm計畫」，其達成的可能性更高。

報告書指出，抑制大氣中二氧化碳濃度，至2050年溫室氣體排放量要比2010年削減至40-70%，2100年以後必須抑制排放量為零。能源部分特別強調2040-2070年溫室氣體排放必需要削減到90%以上。

此外，報告書亦指出，二氧化碳削減策略要做到電源低碳化，推動節約能源。節約能源需設法普及，儘量使用再生能源與核能，以及使用碳捕獲封存系統（CCS）的火力發電等，低碳電源的比率從2010年的30%，至2060年後增加為80%，2100年利用CCS的火力發電必須全部廢止。

美國2025年溫室效應氣體削減26-28%

COP遵循IPCC報告，論及2020年以後溫室氣體的削減目標，及各國採取的相關作法。

由歐盟最先發起，2014年11月歐洲理事會加盟國代表同意2030年削減目標為1990年的40%，2015年將其法制化。

另一方面，電力能源燃煤比率甚高，對這方面氣候變遷問題本來採取消極態度

的美國及中國，態度亦轉趨積極。

美國於布希政權時退出京都議定書，2009年歐巴馬政權對氣候變遷採取積極的對策，導入二氧化碳排放權制度，可惜在國會受到共和黨的反對而停滯不前。

美國政府從2013年時談論到氣候變遷問題，同年6月發表行動計畫，2020年要比2005年削減17%。同時2014年在北京的APEC國際會議中，歐巴馬總統和中國習近平總書記舉行高峰會議，會後發表2025年溫室氣體削減目標，減少排放二氧化碳為2005年的26-28%，改採積極的政策。

具體的策略，首先要管制燃煤電廠的二氧化碳排放。美國政府於2013年9月提出新措施，2014年6月對現有的設施發布排放的標準。實際上美國燃煤電廠的占比高達40%，是大部分二氧化碳的排放來源，因此減少每單位產生的二氧化碳為目前首要任務。頁岩氣增產導致價格降低後，將儘量轉換為燃氣電廠以減少二氧化碳的排放量。雖然燃氣發電比燃煤減少40%-50%的二氧化碳，但是目前天然氣價格昂貴。

中國在2030年排碳量將達零成長

目前累積的溫室氣體排放責任以先進國家為重，中國對京都議定書的削減義務並未負起相關責任。但是，近年來因中國的能源使用量上升，增加了很多燃煤發電，加上重工業化和汽車的普及，大量消耗化石燃料造成嚴重的大氣汙染，使得環境問題深刻化。

因此，中國在2009年的COP15，表明2020年為止，以GDP一萬人民幣為基準，二氧化碳排放量比2005年削減40-45%為



目標。而且在2014年11月美中高峰會議後發表，2030年二氧化碳排放量將達最高峰後逐年下降。中國能源非化石燃料化，例如核能、水力、太陽能、風力等的占比，2012年為12%，2030年將上升至20%。中國目前正在大規模開發水力、風力和核能發電，預估2050年核能發電裝置容量將達到5億瓩，今後更將擴大推動。

依照歐盟、美國和中國的動向，2015年底的COP是否會達成更佳的共識，成為國際聚焦的大事。

資料來源：
東海邦博，“海外エネルギー事情－世界の気候変動問題” Energy Review January 2015: p.62-63.

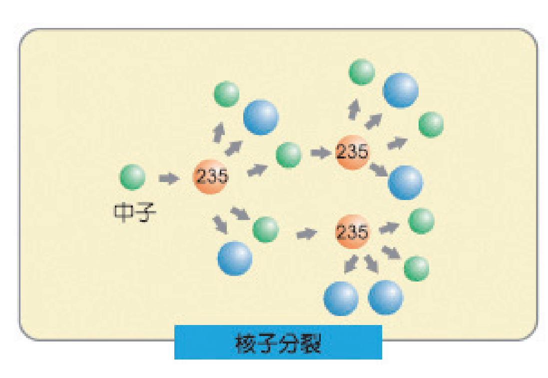
核災應變你不可不知

文・編輯室

何時展開防護？
◎防護時機

台灣的核電廠發生事故的機率可說是非常的低，即使萬一發生事故，因為有多層防護，也不會很快的擴散，我們有足夠的時間來應變。

那麼何時須展開防護呢?當核子事故警報聲發布時，即必須展開自我防護，保持冷靜，隨時瞭解政府所發布的消息，配合各項應變措施。



一旦需要疏散
◎接獲疏散指示時要做什麼？

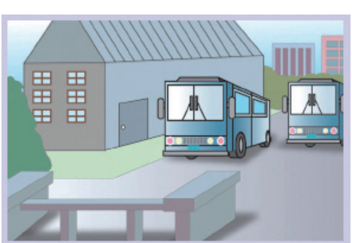
如果事故狀況持續惡化，需要疏散時，政府會透過電視、電台持續播放有關疏散通知，而廣播車也會在街頭巡迴廣播，通知核電廠附近民眾。

接獲有關疏散指示時，請按照下列指示行動：

疏散注意事項







▲ 攜帶個人證件藥物和輕便物品；趕快到住家附近的集合點集合，再搭乘政府的專車到收容站。

- 不是所有核子事故都需要疏散，而是要等到政府通知疏散，才開始行動。
- 在疏散過程中，如果有任何需要，請聯絡村里長或派出所，就能快速得到協助。
- 到住家附近的集結點集合，搭乘政府的專車到收容站，或自行開車到收容站。
- 前往集結點前，不用四處尋找家人，因為到收容站的每一個人，都會受到妥善的照顧。
- 只要到達收容站後，請地方災害應變中心人員協尋，您就知道親人在哪裏。
- 如果您是旅遊觀光客，有交通工具者請立即離開事故地區，或遵循憲警人員疏散指示。
- 學生將統一安置於接待學校或收容站。

・可將寵物帶出來一起疏散。

核能事件分類

並非所有核電廠發生的任何核能事件都是核子事故，依據國際核能事件分級制，將核能事件區分為0-7級。

0-3級→異常事件

這類事件稱為「異常事件」，與所謂的核子事故無關，通常是指廠內工作人員受傷、颱風來襲、以及電廠停機等情況。

電廠遇到這種情況時，應將事件處理以及改善措施陳報行政院原子能委員會；由於不會影響到民眾正常作息，所以不需要民眾採取防護行動。

4-7級→核子事故

這類事件即是所謂的「核子事故」，可能有放射性物質外釋，電廠應通知政府有關單位立即動員緊急計畫體系，採取應變措施。同時在事故逐漸惡化時，通知民眾並執行各種必要的防護行動。

國際核能事件分級制度基本架構

等級	準則 1 廠外衝擊程度	準則 2 廠內衝擊程度	準則 3 安全防禦之衰減程度	事例
7 級 最嚴重意外事故	極大量之放射性物質外釋：造成廣泛性民眾健康及環境之影響			1986 年蘇聯車諾比爾事故 2011 年日本福島事故
6 級 嚴重意外事故	發生顯著放射性物質外釋：造成須全面施行區域性緊急計畫			1957 年蘇聯車里雅賓斯再處理廠爆炸
5 級 廠外意外事故	有限度之放射性物質外釋：造成須部份施行區域性緊急計畫	嚴重之核心或放射性屏蔽毀損		1979 年美國三哩島事故
4 級 廠區意外事故	輕微放射性物質外釋：造成民眾輻射曝露達規定限值程度	局部性核心或放射性屏蔽毀損之狀態或工作人員接受致命性曝露		1999 年日本 JCO 公司核燃料廠臨界事故
3 級 嚴重事件	極小量之放射性物質外釋：民眾輻射曝露尚未達規定限值之程度	發生嚴重汙染或工作人員超曝露導致急性健康性效應	接近發生事故狀態，喪失安全防禦功能程度	1989 年西班牙凡德洛斯核電廠火災
2 級 偶發事件		發生重大汙染或工作人員超曝露	發生潛在安全影響之事件	1993 年核三廠 1 號機用過燃料填換池水位下降
1 級 異常警示			發生功能上之偏差	1992 年核二廠 1 號機反應爐水位下降
0 級 未達級數	無安全顧慮			1994 年核二廠排放水酸性略高

核能常見問與答——邁向環保

文・Breakthrough Staff

一直以來核能都籠罩在沒有任何能源可與其相比的神話下。為了迫切地解決全球貧困與降低溫室氣體的排放，我們不應遭受意識形態的阻攔而忽略核能，因此有關核能的事實－不論好與壞，我們都必須面對。

Q1：我們真的需要核能發電來對抗全球暖化嗎？

為了避免人類因排放溫室氣體而造成地球溫度上升的危險，在未來的40年內我們必須減少80%的碳排放，但卻得面臨未來全球將增加2至3倍的能源需求，只有生產大量的「零碳排放」能源才能因應能源需求的上漲。就目前我們所知道的能源來看，能辦到的只有核能。

Q2：真正的問題不就只是我們消耗太多能源嗎?

事實上絕大多數人類對能源的消耗只會越來越多，不會減少。能源的消耗與人類的健康、長壽、高生活水平等有著非常緊密的關係，擁有高能源資源的社會能讓數十億人不必辛苦地以農業勞動維生，但現今全世界仍有超過10億人過著沒有電力的生活。為了確保下個世紀還有足夠的能源供我們使用，必須為逐漸上升的人口與能源需求尋找替代辦法。不幸的是，全球發展與地球暖化之間的衝突是很無情的，如果人類要兼顧全球人口上升與地球暖化的議題，我們急需能生產大量能源且不會排放出二氧化碳的技術。

Q3：所以這就是為什麼我們需要控制人口的成長的原因？

提供豐富、便宜且乾淨的能源是目前我們擁有最佳的人口成長應對策略之一。更多的能源消耗使人類更富有、健康，也更長壽，代表人口成長率較低。當人類變得更富有且經濟上也較有安全感時，他們會選擇擁有較少數量的小孩，這就是為什麼提倡人類發展與環境永續的領導者們——如比爾・蓋茲（前微軟董事長與執行長，現任美國泰拉能源公司董事長）與傑佛瑞・薩克斯（美國知名經濟學家，現為聯合國秘書長特別顧問，與哥倫比亞大學地球研究所所長及教授）等人，強力支持核能的使用。

Q4：就算我們以最少量的汙染來生產能源，而大量使用能源的結果仍會招致更大、更具破壞性的環境衝擊，不是嗎？

價格低廉的潔淨能源能有效降低對環境的衝擊，使用潔淨能源使人民只需在小規模的土地上即可種植更多的農作物，為大自然留下更大片的土地。我們可以將廢水再處理





以及淡化海水，避免抽乾地下水與破壞河川系統；我們也可以回收纖維以及紙漿，不必砍伐古老的森林樹木。擁有豐富且潔淨能源的世界將賦予我們保護天然資源的能力，也讓更多的生態演變不受干擾。

Q5：難道我們不能將能源做更有效率的使用，來代替更多能源的消耗？

目前人類對能源的使用效率已勝過幾十年前許多，遑論一兩個世紀之前了，但即便我們提高能源使用效率，能源的消耗仍會持續地增加，因為能源效率的提升將造成能源價格下降，導致人民找到更多能源的使用方法。在幾年前根本沒有人聽過雲端，20年前也沒有人聽過網路，而今日的我們竟能在天空中遨遊，在住家內裝有50吋電視與各種不同的網路設備，廣告展示牌與高樓大廈也都以巨大的LED螢幕來改造。提升使用效率固然是好的，我們也應盡力去實現，但是使用效率的提升仍無法避免因符合全球經濟成長所需要更大量、便宜的零碳能源的需求。

Q6：我們不能藉再生能源來解決地球暖化的問題嗎？

我們在開發再生能源方面已有不小的進步，但因再生能源價格昂貴且有其間斷性，難以大量開發。此外，沒有大量儲存能源的技術，我們無法單靠風力與太陽能生產出足以支撐現代社會的電力。風力與太陽能發電設施達到較高水平的國家，例如德國與丹麥，則是以高價以及史無前例的附屬補貼來使用風力與太陽能發電，這是不可能長久下去的。再者，這些國家大多數仍持續依賴傳統化石燃料。德國在2012年間所生產的電力有70%來自燃燒化石燃料發電，而太陽能與風力僅各占5%與7%。

Q7：可是太陽能與風力不是正迅速的在成長嗎？

當從極少量的風力與太陽能發電設施開始，達到很高的成長速度其實很容易。但太陽能發電只占美國2012年電力的0.1%、風力占3.5%卻是擺在眼前的事實，這還是美國政府在過去30年來，對這些再生能源投入超過美金500億財政援助的情況下。甚至自2000年起，在20年內以高於電力市場價格撥出超過美金1,300億元給太陽能發電的德國，太陽能年度發電量也只有5%。

Q8：但是核能不是也很貴嗎？

核能發電在目前美國所擁有的發電方式中仍然是成本最低的，甚至比煤炭還要低。

以核能發電生產國家近80%的電力的法國，在西歐眾國家中擁有部分最便宜的電價。核電廠建廠雖然成本不低，但是電廠一般都可運轉60至80年的時間，生產大量的電力且伴隨著低到幾乎可以不計的燃料成本，以長期來看其實非常划算。

而昂貴核電的代表——芬蘭的歐基盧歐圖（Olkiluoto）3號機，超出預算65億美金就算了，進度還落後6年；即便如此，有分析顯示這座陷入困境的核電廠，生產電力仍只需要德國太陽能發電成本的1/4。法商亞瑞華公司（Areva）的壓水式反應爐（EPR）在芬蘭的歐基盧歐圖核電廠初露鋒芒，它比目前世上的核電廠都還要安全可靠且效率更高。目前於法國興建中的第2個EPR其興建費用估計會便宜許多，但與太陽能這種創新的零碳排放能源相比，此特例仍稱不上太過昂貴。

為了達到我們對氣候所設的目標，核能的價格需要再更低廉，新一代的設施正逐漸開發成型，它們將會變的更簡單、安全，並且可以分開建造再運送至電廠廠址組裝。這些特性使得核能發電成本有再向下調整的可能性，但是這些作用大又複雜的機器將需要政府的協助來發展與商轉。

Q9：假如核能發電這麼便宜，還有新的電廠在興建嗎？

當然，目前有越來越多國家都在興建核電廠，中國、印度，以及其他發展中國家，為了應付因經濟發展而快速成長的電力需求，都迅速地在興建核電廠。對已開發國家例如美國，因興建電廠成本不低，而且對能源需求成長速度的不確定性也高，因此傾向較為保守的態度；但歐巴馬總統已於前不久批准喬治亞州及南卡羅來州的兩座反應爐的貸款保證與確保其資金發展，來降低電廠設計與建造的成本。

Q10：便宜的天然氣不會降低核能競爭力嗎？

便宜的天然氣確實可以降低燃煤、核能、再生能源與其他能源科技的競爭力，但這並不是偶然。大量壓低天然氣價格的頁岩氣革命，也是要感謝30幾年來美國政府持續改良開採技術所做的投資，方有今天的成果。這就是我們必須教育下一代核能技術的重要性，唯有如此，我們才有機會在未來的幾十年內，踏入既能取代化石能源、又便宜的核能技術的新時代。

Q11：核能是否因太過危險而沒有資格申請保險？導致政府需要負責承擔其後果？

與飛安事故、石油外洩、產品借貸與醫療糾紛等狀況相同，核能也在設有責任險上限的範圍內。美國最大的再生能源計畫——水力發電大壩，也是有理賠上限。現今社會經常為那些成本難以預測與評估，與責任無法分擔清楚的事件扣上帽子，這些都是無常、罕見且後果嚴重的事件。即便如此，核電廠仍需要購買高額的責任險，因責任險由核電界各方合資購買，風險亦由核電界各方平均分擔。

Q12：即使核能如此的便宜，但發生爐心熔毀的風險是不是太大了呢？

爐心熔毀事故屬於非常嚴重的工業意外，後續的清理作業所費不貲，而且相關工作人員所吸收的輻射劑量也會產生嚴重的健康風險，但將核電使用的風險跟其他能源的生產與使用風險來做比較，核能相對而言安全許多。根據現今很多由獨立科學家所撰



寫、詳細且經過審查的報告，在平行比對所有能源使用所造成的風險，如空氣汙染、工作人員的安全以及其他的風險等，核能比燃煤、石油、天然氣，甚至是太陽能都還要安全。

在我們使用核能發電的60年內，全球有3次嚴重的核能事故。其中三浬島事故並沒有造成人員死亡，且無任何可見的健康問題。根據聯合國與世界衛生組織（WHO）的報告顯示，車諾比事故確認有27名工作人員以及消防人員，在事故中因接受了大量輻射劑量曝露而死亡，預估鄰近吸收到大量輻射的區域，將約有4,000人因癌症而提早死亡；但至今在受輻射汙染的範圍中，並未發現任何癌症死亡案例增加的情形。

福島事故中亦沒有任何因為輻射曝露而死亡的案例，聯合國科學委員會也一致認為，居住於福島電廠周圍的居民，因輻射而對健康造成影響的案例近乎微乎其微，2010年癌症死亡總數約35萬個案例裡面，他們估計因福島事故而增加的癌症案例介於0至180個之間。換句話說，因福島事故所增加的癌症比例低到無法從超過30%的癌症死亡人數來進行區分。2014年一項有關福島電廠周圍居民健康的研究估計，受放射性銫影響所導致罹癌風險的增加僅0.03-0.05倍，在未來流行病學研究中甚至無法察覺。

光是在歐洲，每年因燃煤、石油以及天然氣工業事故而死亡的案例就超過500個，全世界每年死於因燃燒煤炭所導致的呼吸道疾病者就超過170,000人。在所有能源當中，我們認為太陽能是其中最乾淨、最安全的發電技術，殊不知製造太陽能板卻是十分劇毒的過程，期間釋放出多種對人體健康有害的汙染毒物。再者，安裝太陽能板也牽涉到兩種最危險的行業──屋頂以及電路作業。根據屋頂及太陽能板安裝作業數據統計，每1億度（TWh）的發電量即會造成兩人死於自屋頂墜落意外。相對而言，核能發電每1億度的發電量，只造成0.05人的死亡，這還包含爐心熔毀等所有風險。



Q13：福島事故扼殺了核能復興的希望嗎？

福島事故之後，中國、印度、美國與多數中東國家都暫停核電發展計畫並進行安全審查，但目前全都已恢復原本的核電廠建造計畫，甚至在福島事故後立刻關閉全國54座核電廠的日本，也開始重啟核電廠。而阿拉伯聯合大公國、土耳其與約旦也都在進行國內首座核電廠興建計畫。

Q14：用過核燃料將存在地球上10萬年，叫我們該如何支持核能？

目前所使用的輕水式反應爐發展於1950年代，只使用到核燃料中可用能源的一小部分，而一些較進步的反應爐設計則可以把核廢料當作燃料來使用，這些設計大概只需再

一二十年便可商業化。直到2050年甚至更早之前，這些反應爐將使用我們現在所謂的核廢料來做為燃料。考慮到下個世紀人類社會對能源的需求量，且化石燃料又很有限的事實，我們勢必要將用過核燃料進行再處理並當作燃料重複使用。在那之前，所有使用核電的國家都會將用過核燃料儲存起來。儘管美國的雅卡山（Yucca Mountain）核廢料設施一直備受爭議，但此爭議屬特例，並不是常規，大多數使用核電的國家都期望設置不會引起爭論的用過核燃料貯存設施。

Q15：我們不是已經嘗試過那些比較優良的反應爐設計而且還失敗了嗎？

美國在1960年代曾開發一些不同設計的反應爐，當時在海軍的帶領之下，整個商業界以輕水式反應爐為主，並沒有需要更好以及更新穎設計的需求。而現今的核能界已經意識到，當時部分的設計較能防止爐心熔毀，組合式的設計建造費用也比較低廉，材料科學、核子工程以及組合式設計的迅速發展，將使這些改良過的設計加速商業化。中國與印度在這方面正積極快速的研發，大量投入人力開發有關釷金屬、金屬燃料（metal-fueled）以及鹽冷卻（salt-cooled）的反應爐。

Q16：真的有那種不會融毀的反應爐嗎？

在很多新的反應爐設計中，當溫度上升過高時會自動停止運轉，燃料外圍的保護套不會熔解，冷卻劑即使在電廠喪失全部電力的情況下，不需人力與機器的介入仍可以冷卻爐心，這些特性幾乎可以確保不會發生爐心熔解與其他嚴重事故。

Q17：核電廠被恐怖分子攻擊的風險呢？

核電廠不會是恐怖份子的理想目標，因為核電廠通常都有高標準的防護措施，範圍甚廣不說，建築物又是針對禁得起飛機墜毀的衝擊或是爆炸來建造。就算恐怖份子真的闖入核電廠，且在未被察覺的情況下帶走核燃料或是核廢料－這已是極端不可能，他們還需昂貴又不易取得的設備，與極為複雜且專業的知識，才有辦法將這些原料轉變為核子武器。印度、巴基斯坦、北韓以及伊朗等國家已消耗了幾十年的時間及數十億美金的投資，僅為了建造一顆原子彈。

Q18：擴大使用核能不會有核武擴散的危機嗎？

全球核能的擴大使用跟核武擴散是完全沒有關係的，史上沒有任何一個國家是先發展核電再發展核武，而發展核武的國家則剛好相反－先發展核武後才使用核電。有說法顯示有些國家聲稱他們要發展核能實際上卻是想暗地裡發展核武，在各界觀察者眾多的情況下，這些說法顯然不成立。根據國際法律，核子設施必須開放接受國際審查，國際原子能總署（International Atomic Energy Agency）擁有大規模的監視與視察系統，要區分核武發展與核能發電計畫並不是一件難事。

資料來源：

Breakthrough Staff, "Frequently Asked Questions About Nuclear Power." The Breakthrough Institute, 22 Mar. 2013. <http://thebreakthrough.org/index.php/programs/energy-and-climate/nuclear-faqs>.

四年後：生活在福島事故的陰影下

文・編輯室

隨著核電產業繼續評估從日本福島事故學到的教訓，核能資訊網（NucNet，以下簡稱N）與福島大學社會學家開沼博先生（Hiroshi Kainuma，以下簡稱K），一同談論福島事故對福島縣經濟與當地居民所造成的影響。

N：地震與海嘯對福島縣以及福島核電廠所產生的立即影響是什麼？

K：很多地區因為地震的關係導致水與瓦斯供應失常，道路與房子遭到毀壞與煤氣管線起火燃燒等，許多居民因為福島核電廠事故而離開家園。

舉例來說，磐城市（Iwaki）有約30萬人口居住在電廠周圍50公里範圍內，雖然政府在僅僅4天後的3月15日頒布命令，指示所有居住於電廠半徑30公里內的所有居民留在家中，仍有1/3的居民離開此地。據說大多數都在數個星期後回來，公共建設與設施也恢復運作。他們當時正與核電廠事故持續住在一起，並適應當時的情況，當時的書店都有販賣蓋革計算器（Geiger Counter，一種探測電離輻射的粒子探測器）與輻射偵測器。

但不是每個人都回來，半徑20公里範圍內的所有居民都被強制疏散，而這區域目前仍然還是封閉的狀態。自2014年4月以來已逐漸解除各種疏散命令，但這一區域的絕大部分仍被認定為無法短期內返回的地區，大約有8萬人被迫離開此區域。

N：福島縣有多少因海嘯與地震造成的死亡案例？

K：日本政府遭遇到「相關災害死亡」的情形，這是死者死於肉體與心靈上的疲勞，甚至那些被迫自殺的案例，是與災害有關沒錯，但這與天災並沒有直接的關係。截至於2014年3月，福島縣的「相關災害死亡」的案例共有1,656個，以透視法來討論海嘯與地震直接導致的死亡人數─換句話說，因最初的災害而導致死亡的案例有1,607個，目前已有更多的間接死亡案例，在福島疏散地區中，11個有居民居住的地區，其中80%的死亡案例被歸類為「相關災害死亡」。

N：局外人對福島發生的事情有什麼觀感？

K：福島的200萬居民約有45,000人已被迫永久離開家園，占比約為2.5%。還是有一些辦法讓他們重回福島居住，許多人認為福島事故後沒有人可以活在福島，但是就像我剛剛說的，還是有很多人居住在當地。

福島事故後仍然有很多居民繼續住在當地，各種誤解扭曲了事實，很多人說年輕人

已經放棄福島縣，因為就業不穩定，農業和漁業部門也無法支撐。然而，大多數的問題甚至在事故發生前就已存在。事實上，在日本其他領域與其他已開發國家，都可以看到這些問題，這次的核災只是揭露日本社會內在的問題而已。

N：人們會害怕購買來自福島縣的產品嗎？

K：讓我們考慮兩個事實。第一，福島縣每年生產約1,000萬袋的水稻；第二，日本輻射污染食物的合法最大值為每公斤100貝克。在2012年的時候，福島縣的米有71袋汙染超出最大值，但到2013年時卻只有28袋，其中27袋是來自同一個村莊。

另外，人民的想法亦有不同。一方面他們想要支援福島的重建，採購福島生產的白米與蔬菜，東京的商店刊登福島居民販售來自福島產品的事實；另一方面，根據調查顯示大約有2成的居民避免購買福島縣的農產品。在這些產品內並沒有發現高劑量的輻射，但卻充滿了各種不信任、誤解與傷害的謠言，產品生產者與政府正使用最嚴苛的測試標準和完全透明的資訊披露，努力的來澄清這些謠言

N：這些災害對福島縣的農業產生何種影響？

K：日本總共有47個縣。事發前，福島縣的水稻產量排名4，事故發生後下降至第7，並維持了3年。白米為日本的主食，福島縣為稻米生產重鎮，事實證明福島縣仍然是日本生產稻米不可或缺的一部分。

但是，我們在其他方面的農業生產看到了衰退。事故發生後有不少決定放棄經營農業的居民，他們表明這片土地已經被汙染，但也有農場經營者表示，農業的生產在事故發生前就已開始下降。效率不足的農業技術、人口老化與日益廉價的進口商品，意味著農民無法獲得利潤。

N：那其他部門呢？

K：除了農業之外，福島的主要經濟活動與漁業和觀光有關。在事故發生後，所有海岸附近的捕撈動作都遭到禁止，附近海域大約有40種魚類，因此也設置了輻射劑量檢驗流程。最初的時候的確有檢測到高輻射劑量，但目前已恢復至正常，漁民也能正常捕獲與販售這40種魚類。

就觀光業來說，遊客人數已回復到事故發生前的8成。2010年時總共有5,700萬遊客至福島旅遊，2011年人數下降至大約3,500萬，但在2012年時我們看到人數竟恢復至4,400萬，這證實了2012年的遊客人數已恢復至事故前的8成。磐城市的度假村在2013年比事故發生前有更多的遊客，這是因一部有關度假村重建的紀錄片造成的結果。

N：那福島縣的失業率高嗎？

K：從空出的職缺來看，福島縣為全國最高；從實際上接受福島職缺的人數來看，福島縣為全國第7。因重建的關係需要很多建築工人與工程師，目前問題最大的則是醫療。日本已屆老齡化社會，事故前這個問題就已經存在，年紀較長者需要從事醫療與救濟事業的工作者。

註：開沼博先生自2012年開始於福島大學工作，同時也是2011-2012年福島核能事故獨立調查委會的一員，是土生土長的福島人。

資料來源：

2015/03/11, NucNet Insider, No. 6

歐洲著手進行「能源聯盟」統整行動

文・編輯室

歐洲委員會進行能源聯盟（Energy Union）的討論，初期目標是改良歐洲的能源製造、運輸與消費。

歐盟委員會於2月4日成立能源聯盟，委員發起「方針辯論」，以討論能源聯盟的目標。初期的主要目標是使會員國的能源來源多樣化，協助歐盟國家降低依賴能源的進口，同時使歐盟成為全世界再生能源的領頭羊，帶頭對抗全球暖化。這項計畫有5項綱領：確保能源供應安全、建立單一能源內需市場、提升能源效率、實施脫碳國家的經濟、促進能源研究與革新。

該委員會表示，現在正是成立能源聯盟的好時機，「在政治議程中，能源安全已經受到高度重視，而去年10月的歐洲委員會則為2015年底將舉行的巴黎氣候協議開了一扇門。」「歐洲最近通過的投資計畫，目的是幫能源產業真正需要的財務工具鬆綁。目前低油價也提供一種額外的獎勵，有了更多政治和財務空間，可實現更具競爭力、安全和永續的歐洲能源政策。」

能源聯盟副總裁賽科維克（Maros Sefcovic）表示：「我們將努力確保在各種政策領域內協調出一致的方式，來因應能源，創造更多的可預測性；氣候、交通、工業、研發、對外政策、數位經濟與農業，全部都是關鍵性的重要項目。簡單的說，能源聯盟的目標是打破現存的文化藩籬，將所有相關的國家帶到同一個桌上，制訂新的歐洲能源政策。」

氣候行動與能源委員卡涅特（Miguel Arias Carete）補充說：「能源聯盟將是一個雄心勃勃的計畫，將為歐洲能源與氣候政策建立新的方向以及長期的願景；它不會簡單地將舊思維加以重新包裝，而是有具體措施，以確保願景能成真。」

談到活動，卡涅特說：「要實現這個能源聯盟，將需要針對社會各階層舉辦承諾的行動，也需要強大的機制來召集這次行動，以確保我們共同實現目標，這是不可或缺的。」

國際能源署執行理事胡芬說：「在未來的幾十年內，預計歐盟有一半的電力容量將消失。核電廠的老化，2040年時，歐盟現有核電廠有半數將除役，環境法也要求必須淘汰舊的燃煤電廠。」她補充說：「很顯然的，能源體系正面臨顯著快速的變化，必須因應市場設計與跨國界的融合發展。」胡芬表示，能源聯盟「提供了一個巨大的商機。」能源聯盟框架策略已於2月25日通過。

資料來源：

2015/02/06, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/EE-Europe-starts-work-on-Energy-Union-0602154.html

韓國擴大其核能版圖至卡達

文・編輯室

韓國與卡達於2015年3月8日達成協議，將共同合作培訓核能專家與建設反應爐。

在南韓總統朴槿惠與卡達元首塔米姆・本・哈邁德・阿勒薩尼（Tamim bin Hamad Al Thani）於卡達首都杜哈舉行的會議中，卡達的能源署與韓國的科學與資訊科技未來規畫部（Ministry of Science ICT and Future Planning）簽署了一份合作備忘錄，內容為兩國將在人力資源的開發與和平使用核能的研究上共同合作。

在簽署諒解備忘錄後，朴槿惠總統在一份公開聲明中表示，她希望兩國在此方面能擴大實質上的合作。而卡達元首也指出，他非常期望藉由此備忘錄來擴大兩國間的合作，同時他也對進口研究用反應爐來培訓與教育卡達國內的專家表達濃厚的興趣。

卡達為朴槿惠中東訪問之旅的最後一站，韓國「系統一體化模組式進步型反應爐（System-integrated Modular Advanced Reactor，SMART）」的設計者一韓國原子能研究所（Korea Atomic Energy Research Institute）於3月初與沙烏地阿拉伯位的沙特可再生能源採購機構（King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy，K.A.CARE）亦簽署了合作備忘錄。此備忘錄由朴槿惠總統與沙烏地阿拉伯於今年初新繼位的國王一沙爾曼・賓・阿卜杜勒-阿齊茲・阿紹德（King Salman bin Abdulaziz al Saud）於沙國最大城市利雅德一同簽署。

根據該協議，兩國將進行為期3年的初步研究，探討於沙烏地阿拉伯建設「系統一體化模組式先進反應爐」的可能性，該協議估計沙國第一座系統一體化模組式先進反應爐的成本約為10億美金（約新台幣320億）。

卡達嘗試過對自己發展核電的可行性進行研究與調查，但於2008年底表示，「發展核電」對卡達來說是個尚未可行的計畫，尤其仍缺少新穎的300-600百萬瓦的反應爐。然而，卡達卻在2010年提高了發展一項區域核能發電計畫的可能性一與俄羅斯的國營核電企業Rosatom簽署了核能相關的合作協定。

2009年12月，阿拉伯聯合大公國的大公國核能公司（Emirates Nuclear Energy Corporation，Enec）耗資200億美金向韓國合夥企業訂購4座APR-1400反應爐建設，成為韓國反應爐輸出的首張海外訂單。

資料來源：

2015/03/09, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/NP-Korea-extends-nuclear-cooperation-to-Qatar-0903155.html

韓國廢棄物處置設施第一階段完工運轉

文・編輯室

韓國核安管制機構已批准中低放射性廢棄物處置設施，第一階段可以開放，正式運轉。

核安全與保安委員會（Nuclear Safety and Security Commission，NSSC）2014年12月11日宣布，位於慶尚北道的慶州中低放射性廢棄物處置場安全檢查程序已經完成。韓國放射性廢棄物管理局（Korea Radioactive Waste Agency，KORAD）表示，該設施現在可以啟動運轉。

2006年初開工，2014年6月完工，處置設施的建設經費約150億美元（約新台幣4,500億）。第一階段包括6個地下坑道，每個直徑約24公尺，位於海平面下方超過80公尺深。第一階段最多可容納10萬桶放射性廢棄物。



▲ 韓國中低放射性廢棄物處置設施的地下坑道（圖片提供：KORAD）

第二階段的建築物將在地面上，已於2012年1月開工，預計將在2016年年底完工。完工後將增加125,000桶的儲存空間。該設施全部完工之後將可儲存80萬桶的廢棄物。

核安全與保安委員會表示，將會定時進行檢查，以監管處置設施是否安全的管理這些廢棄物。

低放射性廢棄物大多是衣服、過濾器和核設施經常使用的設備，放入鋼筒內再加以壓縮。中放射性廢棄物則有樹脂、化學污泥和燃料金屬包套，因為內含較高的放射性物質，需要再加以屏蔽防護。

韓國目前有23座反應爐在商轉，總發電量2,065,6萬瓩，核電約占全國電力生產的1/3。

資料來源：
2014/12/12, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/WR-First-phase-of-Korean-waste-facility-opens-1212145.html

瑞士兩地區獲選進行最終處置場調查研究

文・編輯室

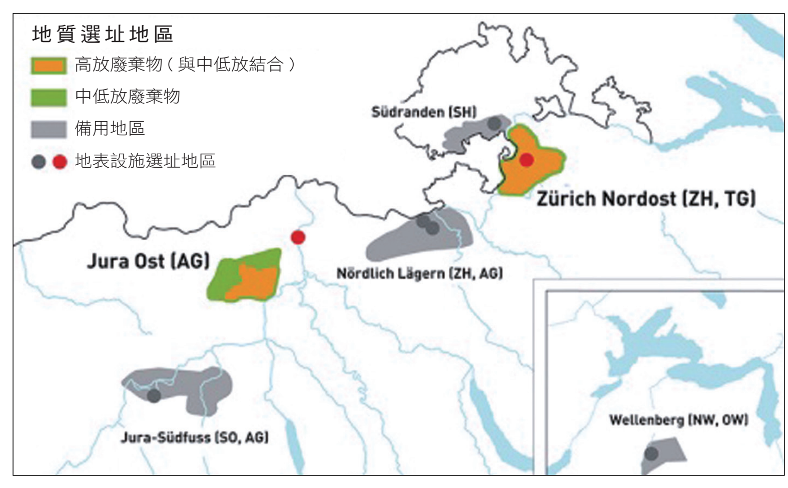
瑞士國營企業，專門負責管理放射性廢棄物的納格拉（Nagra）公司，日前選出兩個地區進行用過核燃料最終處置場進一步的深地質調查。

納格拉公司提出蘇黎世諾多（Zurich Nordost）與祖拉歐斯特（Jura Ost）兩個地區，進行中低放射性廢棄物與高放射性廢棄物最終處置場，第三以及最後階段的選址調查作業。

聯邦指導原則（Federal Guidelines）中要求納格拉公司必須完成選址計畫，聯邦委員會將據此作出決定，預計於2017年進入選址程序的第二階段。2011年11月，在選址程序的第一階段時曾提出6個地點。第三階段時，納格拉公司必須提出至少2個區域做為最終處置場進一步的調查。

納格拉公司目前已經選定蘇黎世諾多和祖拉歐斯特兩地作進一步調查，聯邦核安全監察局（Federal Nuclear Safety Inspectorate，ENSI）要求的場址區域安全性比較也已經展開。

第二階段當時納入考量的其他4個



▲ 瑞士進行場址調查的地區（圖片提供：納格拉公司）



地區—蘇壯登（Sudranden）、諾力拉根（Nordlich Lagern）、祖拉蘇富斯（Jura-Sudfuss）和維蘭伯格（Wellenberg），將當成備案。納格拉公司說：「這幾個地質選址地區和其他地區在安全性方面相評比，如果有明顯的缺點，就只能當成備案。」

納格拉公司執行長恩斯特（Thomas Ernst）表示，雖然這6個地點都能滿足聯邦核安全監察局嚴格的安全規範，但是蘇黎世諾多和祖拉歐斯特兩地的表現最佳，可同時滿足高放與低放廢棄物最終處置場的安全規範。

根據納格拉公司的敘述：「調查顯示，在這些區域地下的最佳深度有難以滲透的岩層，提供廢棄物安全的空間，免於受到侵蝕，長期而言非常穩定，而且範圍夠大。」

此外，「比較各場址的優缺點時，決策最重要的標準是長期性安全，評選和比較選址區域是一個循序漸進的過程，只考慮到科學和技術標準，與社會、政治方面無關。」

納格拉公司於2014年12月底向瑞士聯邦能源辦公室提交了選址計畫，目前正由聯邦核安全監察局審查中。

2006年以前，瑞士的用過核燃料有很多是送往海外進行加工處理。自2006年起，高放廢棄物和用過核燃料大多集中存放在伍倫林根（Wurenlingen）進行中期貯存。自1983年以來，納格拉公司在格里姆瑟爾（Grimsel）一個地下實驗室中，進行高放射性廢棄物最終處置場的研究。

▲ 納格拉公司在格里姆瑟爾的地下實驗室（影像提供：納格拉公司）

資料來源：

1.2015/01/30, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/WR-Two-regions-selected-for-Swiss-repository-studies-3001156.html

2.2012/06/19, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/WR-Swiss_radwaste_consultation_opens-1906127.html

核能新聞

文．編輯室

國外新聞

日本正式決定廢棄 3 座老舊核電機組

日本關西電力公司與日本原子力公司寧願廢除3座老舊的核電機組，而不願申請重新啟動。關西電力公司正式宣布將要廢除的2座核電機組分別是位於福井縣的美浜核電廠1號機和2號機，日本原子力公司同樣位於福井縣的敦賀核電廠1號機，也將進行除役。兩家公司都表示，他們已經評估過確保3部機組符合日本原子力規制委員會（NRA）於2013年7月公布的新安全基準。

敦賀電廠1號機是34.1萬瓩的沸水式反應爐，於1970年商轉，是日本最老的核電廠之一。於2014年完成的獨立研究證實，在廠區之下有斷層經過，但並不是活動斷層。然而，日本原子力公司表示，儘管在技術上可以使敦賀1號機達到所要求的標準，但是計畫的規模和投入資本的程度卻是決定除役的依據。

美浜電廠1、2號機都是壓水式反應爐，分別於1970年與1972年投入商轉。

到目前為止，關西電力公司的高濱核電廠3、4號機和九州電力公司的川內核電廠1、2號機，這4座反應爐已經獲得原子力規制委員會核准重新啟動，具有初步的權限進行修改，以滿足反應爐裝置基礎設計的管制需求。接下來還需要地方政府批准，才可以正式重新啟動。

（2015.03.13. NucNet News_No.55）

中國與英、法商談 AP-1000 協議

核電廠營運商中廣核集團（CGN）董事長賀禹表示，和英國與法國討論，在這兩個國家建造、設計中國第3代ACP-1000反應爐（也稱為華龍1號）的可能性。

在網上發布接受採訪時他表示，該集團參與英國和法國技術談判相關協議，預計將在今年簽署，不過他沒有透露更多細節。

賀禹表示，中國計畫出口反應爐到許多國家，包括羅馬尼亞、阿根廷、土耳其和南非。中國選擇廣西省防城港與福建省福清兩個廠址，興建ACP-1000機組。

國營企業中國核工業集團公司（CNNC），負責監督中國所有的民用和軍用核子計畫，表示將在福清打造第一座ACP-1000機組，福清廠址內目前有一座第2代CPR-1000機組商轉，3座興建中。

中國核工業集團公司與中廣核集團以50：50的夥伴關係共同發展ACP-1000。該設計是以CGN的ACPR-1000為基礎，比中廣核第2代的CPR-1000以及中核集團ACP-1000的設計更精進。

2014年12月，ACP-1000通過國際原子能總署一般性反應爐安全審查。中核集團表示，2014年8月，ACP-1000已通過安全審查，將同意此技術出口至國外。

（2015.03.12, NucNet News_No.53）

福島事故後，中國首度核准核電廠新建計畫

福島事故發生時，中國暫停新建計畫進行安全審查，事故後將近4年，終於核准反應爐興建計畫。

全國商務日報報導，中國國務院在2015年2月17日通過中國廣核集團在東北的紅沿河核電廠2個新反應爐。

中國核能行業協會（CNEA）表示，紅沿河5、6號機，預計將成為CAP-1400第三代國產的設計，設計基礎是西屋AP-1000。

洪沿河電廠已有2個機組商轉中，2個機組興建中，全部都是CPR-1000第二代國產的設計。1號機於2013年6月商轉，2號機於同年10月商轉；3號機於2009年3月動工，4號機則於同年8月動工。

2014年6月，中國政府表示將加速批准12個新機組，其中就包括紅沿河這兩個新機組。根據國際原子能總署的動力反應爐資訊系統統計，中國現有1,690萬瓩核能裝置容量進行商轉、2,775.6萬瓩建設中，總計4,465.6萬瓩。全國商業日報則報導，預計2020年中國將擴大核電裝置容量達5,800萬瓩。根據國際原子能總署統計，中國目前有24座機組連網供電，2014年提供全國總發電量的2.39%電力。

中國現有25座機組在興建中，中國核學會2015年1月時表示，今年至少有5座機組將動工。

（2015.03.04, NucNet News_No.47）

俄羅斯與埃及合作建造核能海水淡化廠

俄羅斯國營核能企業Rosatom公司表示，埃及與俄羅斯簽署一項合作協議，建造一座附帶海水淡化設備的核電廠。

Rosatom公司沒有透露太多協議細節，但是相信以俄羅斯製造的VVER壓水式反應爐這種大功率核能機組，再附帶海水淡化設施的電廠，在國際市場上將有很大潛力。淡化設施每天能夠從每座機組生產17萬噸的飲用水。

2014年9月，俄羅斯為了開發利用核能淡化海水的技術方案成立委員會，該委員會正在規劃與國外合作夥伴的工作內容，為附有海水淡化設施的核電廠提供資金，並負責建造。

唯一附有海水淡化設施與產熱的大型核設施，是前蘇聯（現為哈薩克）5.2萬瓩BN350快中子滋生反應爐阿克陶（Aktau），每天提供淡水超過10萬噸，已於1999年4月停機除役。

（2015.03.03, NucNet News_No.46）

德國與英國聯手贏得 1.5 億英鎊的核廢設施合約

德國M+W集團與英國詹姆斯・費雪核子公司（James Fisher Nuclear）合作贏得了1.5億英鎊合約，將在英格蘭西北部坎布里亞郡（Cumbria）的塞拉菲爾德放射性廢棄物再處理場（Sellafield）內興建放射性廢棄物貯存設施。

斯圖加特（Stuttgart）的M+W集團在一份聲明中說，塞拉菲爾德公司（Sellafield Ltd.）贏得這份合約來管理和經營，負責設計、建造塞拉菲爾德場的放射性廢棄物進口與貯存設施，包括工程設計、採購、施工和測試。

這項計畫名為直接進口產品貯存封箱廠設施（Box Encapsulation Plant Product）聲明中表示，該設施預計2017年完工，可減少塞拉菲爾德長期計畫的危害，是不可或缺的一部分。

塞拉菲爾德是歐洲最複雜的核子設施，需要一個中低放貯存設施，以容納從一些廠址拆遷建築物所產生的廢棄物。2015年1月，英國政府解除塞拉菲爾德場址民間財團核管理合作的除污合約。

塞拉菲爾德場址的除污工作由英國核子除役管理局（Nuclear Decommissioning Authority，NDA）監督，核設施範圍內，包括早期防護工作相關的多餘設施、與鎂諾克斯反應爐（Magnox）再處理程序相關設施、熱氧化再處理廠（Thorp），以及塞拉菲爾德混合氧化物（MOX）燃料廠與多個廢棄物處理廠。

2014年6月，NDA表示塞拉菲爾德場址的除污工作總成本是791億英鎊，2013年2月的估計是675億英鎊。NDA說，這是反映了「額外工作」所增加的成本。

（2015.02.05, NucNet News_No.27）

法國參議院調高核電容量、取消減核年限

法國能源市場專家進行的調查顯示，法國計畫立法將核電在電力結構中所占的比重，到2030年時從現在的74%調降到58%的削減目標，將無法達成。

2014年冬天出版的格勒諾博管理學院（Grenoble Ecole de Management）能源市場指標表示，接受採訪調查的專家只有1/4認為，到2030年時法國核電的比重將是50%或更低，政府的能源轉型法案則預期2025年時從75%降至50%。

根據彭博社引述法國國營電網公司RTE（Reseau de Transport d'Electricite）的資料指出，2014年法國共有77%電力來自法國電力集團（EDF）的核電廠、13%來自水力發電，另外則有5%來自化石燃料發電、3%來自風力發電。

法國的核能占比高居全球首位，法國總統歐蘭德希望能逐步降低對核能發電的依賴，法國國民議會也於2014年通過降低核電占比的法案。但是3月3日法國參議院卻推翻了國民議會的決議，不僅取消國民議會訂定的減核年限，更調高了EDF的核能發電容量上限。

參議院通過修正版法案，取消原法案內容所制定的2025年減核年限，並允許EDF在不關閉2座規模較小核電廠的情況下，於2017年啟用1座新的反應爐，等於是調高了原法案中對EDF核能發電容量的上限，使其發電容量增加到165萬瓩。

參議員藍諾（Jean-Claude Lenoir）認為，2025年的減核年限是「不切實際的」，若要達到這項目標，意味著必須關閉EDF現有58座反應爐中的20座。

格勒諾博管理學院能源市場指標：http://en.grenoble-em.com/report-3-energy-market-barometer-winter-2014

（2015.01.08, NucNet News_No.21，2015.03.05. 科技新報）

國內新聞

核一廠燃料把手鬆脫的說明

核一廠大修期間燃料把手鬆脫異常事件，台電公司已提出故障肇因初步分析、運轉期間安全評估、填換爐心安全分析報告及爐心佈局修改等相關技術報告，送原能會審查及進行口頭報告說明。目前台電公司積極與燃料廠家討論各種可能發生的原因，持續進行金相分析等相關肇因分析作業以釐清本案異常原因，確保未來運轉期間爐心燃料及大修期間燃料吊運作業能安全無虞。

原能會目前仍繼續嚴格審查肇因分析結果及相關廠家建議事項，待相關肇因結果釐清可確保機組運轉安全後，才會同意核一廠1號機組大修起動。

針對核一廠1號機第27次大修燃料水棒連接桿異常處理相關資訊，原能會已於對外網站設立「核一燃料水棒連接桿」專區供關心核安的民眾閱覽。

另外針對媒體報導核一廠燃料束損壞有系統性肇因的質疑，原能會表示，由於本案燃料把手鬆脫的燃料束，與過去發生鎖緊裝置螺栓斷裂的燃料束，除了不是相同製造批次外，也是不同肇因造成，因此不能稱為電廠老化的系統性問題。

至於燃料束鎖緊裝置螺栓受損的處理程序，原能會已要求台電公司依燃料鎖緊裝置螺栓斷裂肇因分析、原廠家建議等，將相關改進措施納入程序書中執行，可確保爐心燃料安全無虞。為減少再發生的機會，原能會持續要求台電公司強化人員訓練、燃料吊運監測，並將持續追蹤改善成效。

（2015.02.25，本刊訊）

用過核燃料境外處理才是負責任的作法

核能發電的用過核燃料是既存的事實，不管未來是否繼續使用核電，核電廠是否除役或延役都需要積極處理。境外再處理對環境的衝擊最小，是國際間普遍採用的處理方式，如果不處理，留待下一代解決才是不負責任的作法，不符合世代正義的原則，反對境外再處理才荒謬。台電公司說明如下：

一、依照放射性廢料管理方針規定，台電公司尋求國外進行用過核燃料再處理的可行性；本計畫的推動，是藉由小規模試行，以驗證國外再處理的可行性，提供國內用過核燃料長程營運策略更多元的選擇與彈性。

二、國際上將用過核燃料送到境外再處理的國家有荷蘭、比利時、瑞士、德國、義大利及日本等，不論運輸安全及再處理技術，都是成熟的作業。

三、再處理後可再利用的鈾與鈽不會送回台灣，只剩大約原體積1/5的玻璃固化廢棄物未來將運回台灣，與高放射性廢棄物一起處理。

四、本次公開招標所處理的用過核燃料數量為1,200束，所需預算約112.57億元，由核燃料所產生的電能提撥每度0.17元的核後端基金來支付。

全世界早期設計的核電廠普遍燃料池空間不大，多不足以容納核電廠運轉40年所產生的用過核燃料，因此用過核燃料營運方式多採三階段，初期是燃料池貯存，中期採用乾式貯存，第三階段是地質最終處置。乾式貯存設施是國際上行之多年的成熟技術，也是相當普遍的貯存方式，截至102年底止，包括歐、美、非、亞等22個國家，全世界已有124座乾式貯存場。現在核一廠也比照國際作

法，規劃在廠內興建乾式貯存設施，該計畫已經由原能會審核通過。

另外，台電同時也規劃將少量用過核燃料送往國外再處理，除可提供用過核燃料後端營運的多元方案，也能實際解決核燃料池短期貯存不足的問題。

台電強調，用過核燃料的營運是我們要共同面對的問題，台灣會汲取國外經驗，並符合國際處理標準，妥善管理用過核燃料，以最高的安全標準來營運核電廠。用過核燃料營運技術成熟可行，只要乾式貯存設施啟用，核電廠即可在安全無虞的情況下正常運轉，為全國提供穩定的電力。

（2015.03.09，本刊訊）

原能會：積極規劃用過核燃料境外再處理的安全管制作業

台電公司規劃將1,200束用過核子燃料送至國外進行再處理，預定今（104）年底前運送300束。原能會表示未來將邀集學者專家，針對台電公司提出的境外再處理申請案，依放射性物料管理法相關規定，進行嚴密審查，並對運送作業的安全進行嚴格管制。

核一、二廠用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫的進度不如預期，若未能即時增加貯存容量，核一、二廠可能於105年3月及11月起因用過核子燃料池貯滿，而被迫停止運轉發電。台電公司為紓緩核一、二廠用過燃料池貯存壓力，提供充裕時間建置完成乾式貯存設施，規劃外運再處理的數量約為核一、二廠運轉3年所產生的用過核子燃料。

原能會表示，用過核子燃料是國際原子能總署（IAEA）列管的核子保防物料，受到嚴格的監控。再處理相關作業須符合我國、美國及國際原子能總署簽訂的三邊核子保防協定，並符合台美核能和平利用合作協定的規定。

用過核燃料送往國外再處理，因涉及跨國境的運送作業，相關作業應符合國際原子能總署「用過核子燃料管理安全及放射性廢棄物管理安全聯合公約」相關條款的規定；用過核燃料國際運送作業與運送容器，則應符合國際原子能總署「放射性物質安全運送規則」的規定。原能會將進行嚴密審查，以確保符合我國法令及國際規範。

（2015.02.16，本刊訊）

我國自主研發X光多用途造影模擬機——X光醫療器材產品開發神器

核研所自主設計開發的X光多用途造影模擬機，將可協助國內業者掌握新產品開發過程的關鍵技術，對X光相關醫療器材的開發，可大幅縮短業者的產品開發時間與成本，並增加業者研發自主性。

研發團隊應用多年輻射技術與經驗，自主設計開發X光機醫療器材新產品開發神器－X光多用途造影模擬機。截至103年底，已陸續協助國內7家廠商與1家法人進行技術驗證或產品開發，成效卓著；可望加快台灣數位X光產業的技術升級，並強化MIT產品國際競爭力。

目前此模擬機已可提供至少6種以上X光造影功能，可服務X光醫材組件業者進行設計/製程最佳化及系統應用性能展示等，在產品設計階段即有全貌性架構並進行影像效能預測，可節省業者原型機製造、反覆測試修改的產品開發時間與成本。

（2015.02.16，本刊訊）

何博士的日常豆知識

Q：核電廠如果停電，會不會發生核災呢？

日本311地震，**海嘯淹沒福島核電廠**，又破壞了緊急柴油發電機，使冷卻水無法送達爐心，才導致爐心熔毀造成核災。

台灣所有核電廠，都有 **5台以上柴油發電機**，高處亦備有**2台氣渦輪發電機**，更有**電源車**、**移動式發電機**、**移動式空壓機**等備用電源，緊急情況時可及時供應備用電力。

台灣核電廠有多重後備電源，遇天災仍可提供有效電力，確保電廠安全。

何博士的日常豆知識

Q：如果核電廠失去冷卻水源而無法降溫，會不會像日本福島一樣發生核災啊？

別擔心！日本福島核電廠會發生核災的原因之一，就是**冷卻系統失去電力，無法發揮效果**。

而台灣核電廠的建廠高度不但都高於可能發生的海嘯高度，且在高處都**設有生水池**，萬一有需要，也能**透過重力直接注水冷卻**，這是台灣核電廠和日本福島核電廠最大的不同之一！

台灣核電廠已預先規劃好後備水源，可經重力或消防車動力注入反應爐，確保核能安全。